11 • 2022

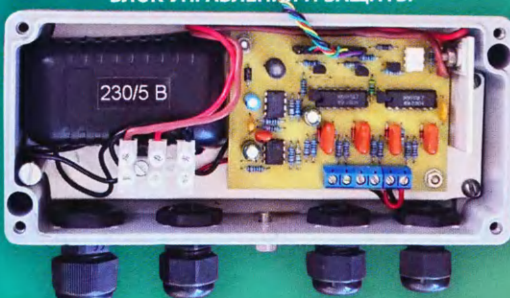
www.radio.ru

РАДИО

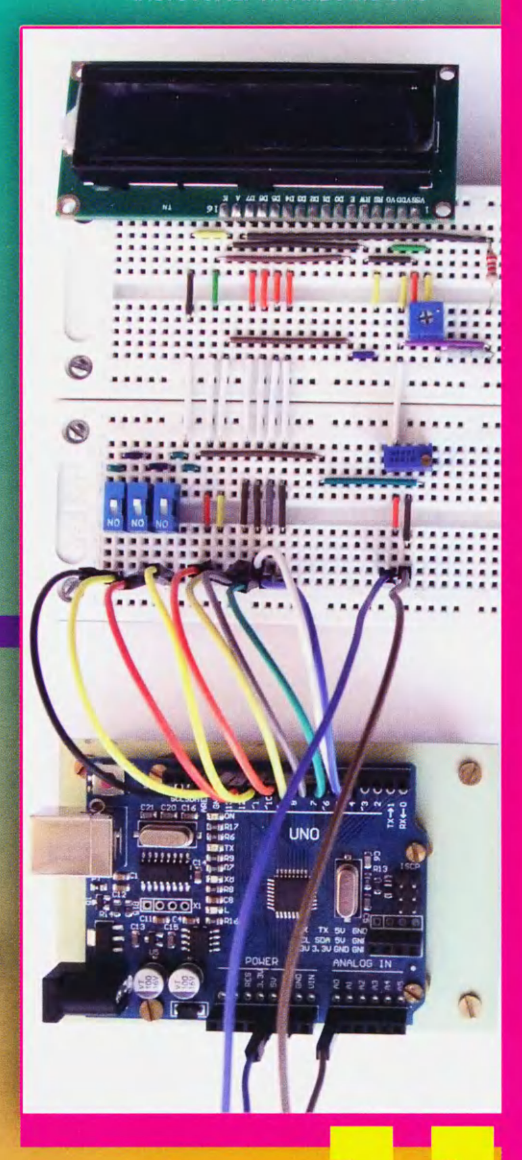
АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ



БЛОК УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ



ЧАСТОТОМЕР НА ARDUINO UNO



БЫТОВОЙ СИГНАЛИЗАТОР



- Модернизация УМЗЧ
- Ремонтируем осциллограф
- Сумеречное реле
- Шар-гирлянда для ёлки

...и ещё 10 конструкций

11
2022



Итоги Russian "RADIO" WW RTTY Contest





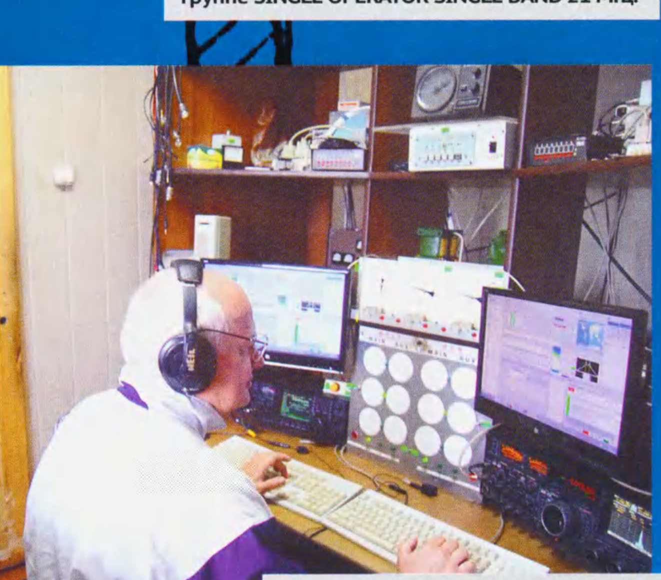
Ласло Надь (Laszlo Nagy, HG5D) — победитель в группе SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 14 МГц.



Михаил Волков (RA0WHE) — первое место в группе SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 21 МГц.



Урал Кинзягулов (RU8W) — лучший результат в группе SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 7 МГц.



Юрий Куриный (RG9A) показал лучший результат в многодиапазонном зачёте.

(см. статью на с. 53)

Антенна YT8A.

Душан Чеха (Dusan Ceha, YT8A) занял первое место в группе SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 28 МГц.

Итоги Russian "RADIO" WW RTTY Contest

(см. статью на с. 53)

Марина Бухарова из команды радиостанции RA3Y, занявшей первое место в группе MULTI OPERATOR MULTI BAND.

Владимир Щербаков из команды радиостанции RA3Y, занявшей первое место в группе MULTI OPERATOR MULTI BAND.

Михаил Михалев из команды радиостанции RA3Y, занявшей первое место в группе MULTI OPERATOR MULTI BAND.

В НОМЕРЕ:

На нашей обложке. Блок управления и защиты системы водоснабжения (см. статью на с. 44), бытовой сигнализатор утечки газа (см. статью на с. 46), частотомер на Arduino Uno (см. статью на с. 59).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

МОДУЛИ 2ВЗС В СВЕТИЛЬНИКЕ
БАЛАНСИР Li-Ion АККУМУЛЯТОРОВ
БЛОК ПИТАНИЯ "МАГАЗИН НАПРЯЖЕНИЙ"
МИЛЛИОММЕТР — ПРИСТАВКА К МУЛЬТИМЕТРУ

Тираж журнала «Радио» № 10 сдан для рассылки подписчикам 06.10.2022 г.



"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication 12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»
Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18.
E-mail: **ref@radio.ru**
Приём статей — e-mail: **mail@radio.ru**
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225
Подписано к печати 25.10.2022 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.
Подписной индекс:
Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 04134-22.

77-й элемент

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Новый год — это грустное расставание со старыми иллюзиями и радостная встреча с новыми...".

Фаина Раневская

Iridium — не единственная система спутниковой связи (ССС), предоставляющая услуги мобильной связи, но пока практически единственная, чья зона покрытия включает полярные зоны Арктики и Антарктики. Система беспроводной телефонной мобильной персональной связи Iridium на низкоорбитальных спутниках изначально обеспечивала двунаправленную передачу речевых сообщений и низкоскоростных данных (9,6 кбит/с) в удалённых районах, где отсутствовали другие виды связи.

20 лет назад, в связи с практически 100 % покрытием, подвижная спутниковая связь Iridium была востребована среди государственных заказчиков и частных компаний, работавших вне зоны покрытия тогдашних GSM-операторов. С тех пор на поверхности планеты не только неимоверно развились сети мобильной связи других стандартов, но и стали доступны гораздо большие скорости передачи данных, что снизило потребность в услугах Iridium, однако далеко не для всех. В частности, на Русском Севере, территориях Сибири и Дальнего Востока, в силу отсутствия пока ещё качественного российского аналога, именно система Iridium остаётся фактически безальтернативным выбором для организации экстренной связи с удалёнными посёлками, стойбищами, геологическими партиями, охотниками и пр.

Первоначально система Iridium была задумана американскими инженерами Б. Бертигером, Р. Дж. Леопольдом и К. Петерсоном в конце 1987 г. (защищена патентами Motorola в 1988 г.), затем она была разработана инженерами компании Motorola в 1993—1998 гг., после чего стала работоспособной и коммерчески доступной.

В название сети и системы положено наименование химического элемента иридия (№ 77 в таблице Менделеева). Первая спутниковая группировка Iridium была задумана ещё в конце 1980-х годов для улучшения связи в высоких широтах Земли, где услуги геостационарных спутников практически недоступны. Расчёты показали, что для достижения полного глобального охвата потребуются 77 спутников, что и было учтено в названии проекта. Впрочем, потом спутников понадобилось меньше, но менять название не стали.

Разработка системы Iridium, включающей космический сегмент и абонентские терминалы, была осуществлена компанией Motorola с контрактом Lockheed Martin на создание спутников. Первые пять спутников Iridium компании Iridium SSC были запущены в мае 1997 г., а полная группировка из 66 активных космических аппаратов и шести запасных была создана в середине мая 1998 г. Для запуска спутниковой группировки Iridium были использованы американские носители Delta II (12 стартов), российские ракеты "Протон" (три старта) и "Рокот" (один старт), а также китайские "Великий поход" (семь стартов).

Система связи Iridium включает в свой состав три основных элемента: космический сегмент (спутники), наземный сегмент (станции сопряжения для приземления трафика) и абонентское оборудование.

Космический сегмент использует группировку из указанных выше 66 рабочих спутников на низкой околоземной орбите. Спутники располагаются в шести различных плоскостях на орбите высотой около 780 км и совершают полный оборот вокруг Земли приблизительно за 100 мин со скоростью порядка 27088 км/ч. Одиннадцать спутников, равномерно распределённых в каждой плоскости, выполняют в сети связи роль узлов. Каждый спутник использует три антенны с фазированной решёткой (ФАР) для абонентских линий связи и поддерживает связь посредством узконаправленных лучей. ФАР каждого спутника формируют 48 сфокусированных лучей, охватывая район диаметром приблизительно 4700 км. Антенные решётки спроектированы таким образом, чтобы обеспечивать обслуживание абонентских линий связи в полосе радиочастот 1616...1626,5 МГц.

Каждый спутник имеет на борту семь процессоров Motorola/Freescale PowerPC 603E, работающих на частоте 200 МГц, подключённых к оригинальной внутренней сети. По одному процессору выделено на обеспечение каждой из четырёх межспутниковых антенн (HVARC), два процессора (SVARC) осуществляют общее управление и один процессор находится в резерве. В конце проекта был добавлен дополнительный процессор (SAC) для управления ресурсами и для обработки телефонных звонков. Каждый спутник может поддерживать до 1100 телефонных соединений, его масса — около 689 кг. Запасные спутники обычно размещаются на орбите высотой порядка 650 км и переводятся на более высокую орбиту в случае отказа одного из спутников.

Дополнительно каждый спутник имеет четыре ретрансляционные антенны, позволяющие ему поддерживать связь и перенаправлять трафик двум другим спутникам, которые находятся впереди и позади него в той же орбитальной плоскости, а также соседним спутникам в смежных плоскостях вращения в одном направлении. Эти межспутниковые линии связи работают в Ка-диапазоне (около 23 ГГц) и имеют скорость передачи информации 25 Мбит/с. Межспутниковое взаимодействие является важной технической особенностью спутниковой сети Iridium, благодаря которой повышаются надёжность и пропускная способность системы и сокращается число шлюзов, необходимых для обеспечения глобального охвата. С другой стороны, именно это вместе с расположенным на спутниках коммутационным оборудованием делает спутники более тяжёлыми и дорогими, а значит, и запуск их также стоит дороже. Этот фактор сыграл свою роль в дальнейшей судьбе системы Iridium.

Сети Iridium присвоены международные коды +8816 и +8817 из зоны международного кода 881, который выделен Международным союзом электросвязи (ITU). Каждый абонент получает восьмизначный номер, перед которым идёт один из указанных международных кодов. Для SIM-карт, активированных в РФ, присваивается также номер с DEF-кодом 954.

Наземный сегмент Iridium включает в себя сегмент управления системой и шлюзы (Gateway). Сегмент управления системой является главным элементом системы Iridium, поскольку обеспечивает глобальную эксплуатационную поддержку и услуги управления и контроля спутниковой группировкой, доставляет в шлюзы данные спутникового слежения и выполняет функцию управления окончанием передачи сообщений. Сегмент управления системой включает три основных элемента: четыре узла телеметрии, слежения и управления (TTAC), расположенных в Аризоне и на Аляске (США), в Йеллонайфе и Иквалуите (Канада), сеть эксплуатационной поддержки и оперативный центр спутниковой сети (SNOC), расположенный в Вирджинии (США), со шлюзами в Аризоне и на Гавайях.

Шлюз Iridium осуществляет обработку и контроль вызовов, в частности, идентификацию абонента и управление доступом, применительно ко всем вызовам, а также их биллинг. Шлюз обеспечивает связь между спутниковой сетью Iridium и наземными сетями связи, такими как наземные телефонные сети общего пользования (ТфОП) и сети передачи данных общего пользования (СПДОП, когда-то планировались и такие сети, пока их не вытеснил Интернет). В состав этого сегмента первоначально входило 14 шлюзовых станций, расположенных в разных странах (в том числе и в РФ).

Абонентское оборудование Iridium представляло собой спутниковые терминалы, поддерживающие передачу речевых сообщений и данных. В качестве спутниковых терминалов могут выступать телефонные трубки, персональные трекеры, автономные трекеры, трекеры для подвижных объектов, терминалы для стационарных объектов. Разумеется, из-за весьма "напряжённого" бюджета радиолинии Земля—спутник качественная связь возможна при отсутствии каких-либо препятствий между антенной абонентского терминала и спутником. Иначе говоря, при нахождении в помещении, в отличие от обычной мобильной наземной связи, получить услуги связи от сети Iridium на ненаправленную антенну абонентского терминала/телефона не получится.

Интересно, что менее чем через год после того, как сервисы компании были запущены, Iridium SSC обанкротилась, а ценный актив — 66 активных спутников, вращающихся вокруг Земли, был выставлен на продажу. Свой вклад в такую ситуацию внесло и стремительное развитие отрасли связи, к примеру, передача данных со скоростями 9,6 кбит/с (и к тому же не по протоколу IP) на рубеже тысячелетий на глазах становилась анахронизмом, потому что за время разработки этой ССС в отрасли слишком многое изменилось. Положение было настолько тяжёлым, что спутники даже намеревались снять с орбиты, т. е. фактически уничтожить в атмосфере. Буквально в последний момент вмешалось Министерство обороны США. Пентагон назначил новую команду менеджеров и подписал с Iridium крупный государственный контракт. За 3 млн долл. в месяц военное ведомство США получало право на неограниченное использование в своих собственных целях 20000 различных устройств (в основном телефонов и пейджеров). Этого оказалось достаточно, чтобы система Iridium снова вызвала интерес у инвесторов. Ну а Пентагон за относительно небольшие (и к тому же бюджетные) деньги получил в своё распоряжение систему глобальной мобильной связи ("злые языки" говорят, что это был результат специальной операции американских военных по захвату Iridium).

При этом из 14 станций сопряжения, расположенных по всему миру, было решено сохранить только две в США. Одна из них расположена в Аризоне, другая — на Гавайских островах (эта станция обслуживает главного клиента — Пентагон).

Российская станция сопряжения, располагавшаяся в Центре им. Хруничева, перестала использоваться. В то же время российское законодательство требует от операторов связи наличия оборудования в России, которое обеспечило бы подключение соответствующей сети к СОРМ (система оперативно-розыскных мероприятий, позволяет спецслужбам прослушивать переговоры абонентов).

В результате формально Iridium в России не работал, однако фактически воспользоваться услугами системы с территории России было возможно, а различные дилеры "в серую" продавали спутниковые телефонные устройства. С 2009 г. Iridium начал переговоры о легализации своего присутствия в России. В 2011 г. федеральная комиссия по связи США (FCC) одобрила временную схему работы Iridium в России при условии запуска российской станции сопряжения. Через некоторое время в России начались официальные продажи контрактов с Iridium. В конце 2016 г. в Ижевске была построена новая станция сопряжения в том числе со спутниками Iridium Next, которые в 2018 г. полностью заменили спутники предыдущего поколения.

В новой системе Iridium Next, о запуске которой было объявлено в 2007 г., прежними остались используемый частотный ресурс и принципы построения ССС, а бортовая аппаратура космических аппаратов нового поколения, в дополнение к существующим режимам, поддерживает новые форматы сообщений и протоколы связи на основе IP. Внедрение IP-архитектуры и современных алгоритмов уплотнения позволило более чем в десять раз увеличить общую пропускную способность каналов связи, а также обеспечить высокую гибкость предоставления услуг связи пользователям, в частности развёртывать распределённые частные сети VSAT (Very Small Aperture Terminal) в глобальном масштабе.

Новые спутники Iridium Next, как и спутники предыдущего поколения, оснащаются тремя комплектами антенн. Основная антенна — активная ФАР





(АФАР), имеет на 25 % меньшие размеры по сравнению с ранее используемой. Время жизни спутников — 15 лет.

В качестве дополнительной полезной нагрузки на Iridium Next установлены: аппаратура ADS-B для контроля и управления движением летательных аппаратов, в том числе беспилотных, в реальном масштабе времени; аппаратура AIS для автоматической идентификации и мониторинга морского транспорта; аппаратура GEOScan для изучения атмосферы и гравитационного поля Земли.

Сравнительный анализ тактико-технических характеристик ССС Iridium на основе спутников двух типов приведён в **таблице**.

Космический аппарат	Iridium	Iridium Next
Диапазоны частот радиолиний	Без изменений	
Скорость передачи данных в различных режимах, кбит/с:		
— телефония	2,4	2,4
— низкоскоростная передача данных	2,4	9,5—64
— передача данных морским и воздушным судам	до 134	128—512
— широковещательная передача данных	-	64
— высокоскоростная передача данных	-	88, 176, 352, 704
Мощность системы электропитания, кВт	1,2	22
Расчётный срок эксплуатации, лет	8	15
Масса, кг	689	860

14 января 2017 г. с авиабазы Ванденберг ВВС США (Калифорния) был произведён успешный запуск ракеты-носителя Falcon 9, которая вывела на низкую околоземную орбиту первые десять спутников связи Iridium Next новой модели.

Компания Iridium заключила соглашение с французским концерном Thales Alenia Space для производства, сборки и тестирования 81 спутника Iridium Next, причём 75 из них запущены с помощью компании Илона Маска — SpaceX. Поскольку сами спутники относительно лёгкие, в каждый из восьми запланированных стартов ракеты-носителя Falcon 9 на низкую околоземную орбиту выводятся сразу десять аппаратов. Исключением стал только шестой запуск, состоявшийся 22 мая этого года со стартовой площадки SLC-4E космодрома Ванденберг. Тогда Falcon 9 вывела на орбиту пять спутников связи Iridium Next, а также два спутника проекта GRACE-FO.

Первоначально планировалось использовать для запусков спутников сразу две системы, ракету "Днепр" и Falcon 9, однако в феврале 2016 г. из-за очень длительных процедур получения лицензии от российских властей компании Iridium пришлось принять решение о пересмотре последовательности запусков группировки. А контракт, перезаключённый с компанией SpaceX, принёс Илону Маску в итоге 492 млн долл.

Ещё шесть аппаратов, произведённых компанией Thales Alenia Space, останутся на Земле и будут использоваться в качестве запасных.

Новая группировка Iridium обеспечит высокие скорости передачи данных: в диапазоне L до 128 кбит/с для мобильных терминалов и до 1,5 Мбит/с для терминалов класса Iridium Pilot marine; в диапазоне Ka — до 8 Мбит/с для фиксированных/мобильных терминалов.

Существующая группировка спутников Iridium продолжит свою работу вплоть до того времени, пока система Iridium Next не будет доведена до стадии полной операционной готовности. Прежние спутники пока останутся в эксплуатации. Система Iridium Next, располагающая повышенной пропускной способностью, будет обладать обратной совместимостью с существующей.

Если же коснуться вопроса стоимости этого глобального спутникового проекта, то в 2008 г. для участия в конкурсе были выбраны две компании — американский производитель Lockheed Martin и европейский концерн Thales Alenia Space (штаб-квартира расположена в городе Канны, Франция). 2 июня 2010 г. победителем контракта стоимостью 2,1 млрд долл. была объявлена европейская Thales Alenia Space. Добавив стоимость контракта с компанией SpaceX, получим в итоге 2,6 млрд долл. (не такая уж большая сумма для подобной системы связи).

Как отмечалось выше, аппараты Iridium Next несут дополнительную полезную нагрузку для Aireon, Inc., которая получает данные системы ADS-B (англ. Automatic Dependent Surveillance-Broadcast — автоматическое зависимое наблюдение-вещание, используемое лётчиками и авиадиспетчерами для управления воздушным движением) и сервиса FlightAware для использования авиакомпаниями. В частности, AireonSM — глобальная сеть слежения за воздушными судами. Она позволяет в реальном времени определять местоположение самолётов, осуществляет передачу информации о состоянии всех систем, обеспечивает передачу сигналов бедствия и сохранения аварийной информации.

Iridium Next сможет также использоваться для обеспечения соединения для передачи данных на другие спутники, что позволит осуществлять управление и контроль других космических средств, независимо от положения наземных станций и шлюзов.

Сообщается, что группировка Iridium Next предназначена для осуществления высокоскоростной связи с мобильными объектами, а также для поддержки сервисов Интернета вещей. Впрочем, скорости передачи данных не столь уж велики (как видим, отраслевой прогресс и здесь сыграл против модернизированной системы), и, очевидно, поэтому в последнее время Iridium Next нечасто упоминается в СМИ, где предпочитают говорить о системах скоростного спутникового Интернета StarLink Илона Маска, OneWeb из Великобритании и других с сотнями и многими тысячами низкоорбитальных спутников.

Тем не менее, развёртывание спутниковой группировки Iridium Next в полном объёме позволит оператору, в частности, запустить в коммерческую эксплуатацию услуги передачи данных по всей поверхности планеты. Ну, а данные отнюдь не всем нужны столь уж скоростные.

Сервис Iridium RUDICS представляет собой расширенную услугу, которая позволяет клиентам, с требованиями к передаче данных больших объёмов, передавать данные по надёжному, доступному, мультипротокольному исходящему мобильному вызову и входящему мобильному вызову по коммутируемому каналу через спутниковую сеть Iridium. Скорость передачи данных — до 2,4 кбит/с.

Direct Internet — прямое подключение к сети Интернет с помощью спутникового телефона Iridium при использовании его в качестве модема. Поддерживается Windows XP, Windows Vista, Windows 7 и операционными системами Mac OS.

Iridium Burst позволяет передавать данные на сотни, тысячи, даже миллионы совместимых устройств, используя самые надёжные в мире спутниковые сети. Может передавать данные в любом желаемом формате. Закрытые группы пользователей гарантируют, что только авторизованные устройства могут видеть полученные данные. Собственно, это и есть инструмент для Интернета вещей.

Услуга Iridium SMS предлагает пользователям мобильных устройств надёжный путь быстро и легко общаться в критически важных ситуациях с сотрудниками и близкими в любой точке планеты. Служба сообщений двухсторонняя, что позволяет пользователям Iridium отправлять, получать и отвечать на сообщения, которые хранятся в сети до семи дней и автоматически доставляются, когда телефоны включены.

Iridium SBD — простой и эффективный сетевой транспорт для передачи коротких сообщений между оборудованием и централизованной системой главного компьютера. Сервис интегрирован поставщиками комплексных услуг Iridium в приложения для рынка с вертикальной структурой в таких отраслях, как добыча нефти и газа, железнодорожная, морская, авиационная промышленности, предприятия коммунального хозяйства, правительственные и военные учреждения.

Iridium Voice — собственно голосовая связь.

Iridium OpenPort Broadband Service — широкополосная связь в любой точке мира. Экипаж судна может выходить в Интернет, социальные сети, пользоваться электронной почтой, звонить домой семье и друзьям или использовать Iridium OpenPort как резервный канал связи VSAT. Iridium OpenPort даёт большие возможности для связи даже с бюджетом маленького судна.

Iridium Certus — это универсальная платформа, предназначенная для разработки специализированных приложений, которая предлагает постоянно расширяющийся спектр сервисов, способных масштабироваться под потребности бизнеса клиента и повышать его эффективность. Услуга обеспечивает функциональность мобильного офиса для групп людей и двустороннюю связь для автономных транспортных средств, поездов, самолётов и судов в море, поддержку спутниковых раций Push-To-Talk, стриминговой передачи данных и широковещательной передачи данных. Certus также включает услуги по обеспечению безопасности жизни.

11 января 2019 г. ракета-носитель Falcon 9 успешно вывела на орбиту последние десять спутников системы связи Iridium Next. Тем самым был завершён проект по формированию спутниковой группировки Iridium Next из 75 космических аппаратов.

В число постоянных клиентов Iridium сегодня входят сотрудники крупнейших мировых корпораций, работающих в сфере добычи полезных ископаемых, морского, наземного и воздушного транспорта, строительства, туризма, других отраслях и службах спасения и экстренной помощи, а также владельцы различных судов. Одним из главных пользователей сети является правительство США.

Компания Iridium Communications Inc. — поставщик услуг спутниковой связи получила в сентябре 2019 г. нелимитированный контракт на низкоорбитальную спутниковую связь для Пентагона. Она получила семилетний контракт стоимостью 738,5 млн долл. от космического командования ВВС США на поставку услуг низкоорбитальной спутниковой группировки. Значение контракта вырастет после завершения формирования космических войск США. К тому же низкоорбитальные спутниковые сети будут играть ключевую роль в военной машине будущего, когда между политиком, принимающим решение о применении военной силы, и ударной мощью боевых роботов не будет промежуточных человеческих звеньев.

Как уже отмечали специалисты, низкоорбитальные спутниковые системы могут стать большим оборонным рынком, а Iridium может стать одним из главных бенефициаров этого рынка. Компания может выжить и преуспеть в конкуренции с такими гигантами, как SpaceX, поскольку, к примеру, в некоторых случаях военные предпочитают узкоспециализированных поставщиков услуг. Семилетний контракт предполагает дополнительную выручку в среднем в 105,5 млн долл. ежегодно, что является заметной прибавкой к доходу Iridium. При этом контракт, напомним, нелимитированный, т. е. список услуг может быть в будущем расширен, а сеть спутников превратится в постоянно действующую дорогостоящую военную систему. Впрочем, надеемся, что это будет не единственная спутниковая система подобного рода.

По материалам ***https://www.marsat.ru/technologies-iridiumnetwork?ysclid=l6xnfl8bc 1801842521, https://www.connect-wit.ru/iridium-next-ne-tolko-golos-no-i-dannye.html, https://elitetrader.ru/index.php?newsid=473799&ysclid=l6xnyx5nwj636909100, https://www.cnews.ru/news/top/2016-11-18_rossijskie_siloviki_smogut_proslushivat_abonentov?ysclid=l6ympyosfe805217822.***

ГЛОНАСС: принципы и характеристики

В. СЕРОПЕГИН, канд. техн. наук, г. Королёв Московской обл.



"Удивительно не то, что звёздное поле так велико, а то, что человек измерил его" .

(Анатоль Франс)

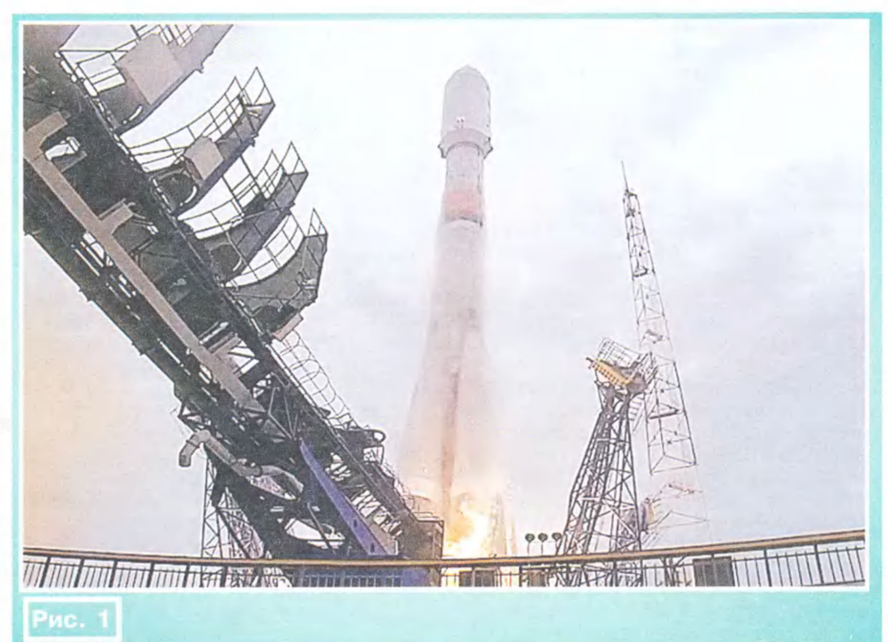
Спутниковые радионавигационные системы (СРНС) стали неотъемлемой частью нашей жизнедеятельности. В ближайшие десятилетия развития мировой цивилизации вы увидите взрывной рост их применения. Практически все значимые отрасли российской экономики — связь, транспорт, сельское хозяйство, энергетика используют координатно-временные и навигационные данные систем ГЛОНАСС (Россия) и GPS (США). Разрабатываются и вводятся в эксплуатацию аналогичные системы GALILEO (Европейский Союз), Compass (Китай), QZSS (Япония), IRNSS (Индия) и др.

Отечественная система ГЛОНАСС постоянно совершенствуется: используются новые радиосигналы с кодовым разделением, создаётся новая аппаратура потребителя, обрабатывающая эти радиосигналы, разрабатываются и запускаются новые спутники "Глонасс-К" и "Глонасс-К2" (**рис. 1**), развёрнута широкозонная система дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ), прорабатываются вопросы высокоорбитального космического комплекса системы ГЛОНАСС.

Введение

Политика государства в отношении СРНС ГЛОНАСС предполагает следующее [1]:

- система ГЛОНАСС — часть государственной инфраструктуры координатно-временного и навигационного обеспечения, используемого в интере-


Рис. 1

сах обороны и экономического развития;

- она является одним из приоритетов государственной политики;
- возможность пользования системой осуществляется на безвозмездной основе;
- открыт доступ к информации о системе;
- допускается использование ГЛОНАСС в комбинации с другими глобальными навигационными спутниковыми системами;
- ведётся международное сотрудничество в области совместимости и взаимодополняемости СРНС.

Современные тенденции развития системы ГЛОНАСС направлены на расширение областей её применения. Так, планируется увеличение орбитальной группировки до 30 космических аппаратов (КА), введение новых сигналов с кодовым разделением, модернизация наземного комплекса управления (НКУ). Эти новые качества системы направлены на повышение точности, доступности, цельности и помехозащищённости навигации. Цель — достичь субметровых и сантиметровых точностей в абсолютном и дифференциальном режимах навигации соответственно, а также доступность на уровне 90 % в условиях сложного рельефа местности.

Другое важное направление — комплексирование систем навигации с другими системами связи, дистанционного зондирования Земли, геоинформационными системами и др., что расширяет их возможности.

Выполнение требований потребителей системы ГЛОНАСС обеспечивает навигационные определения со среднеквадратической погрешностью (СКП) менее 0,1 м, а также задачи обеспечения безопасности и обороны.

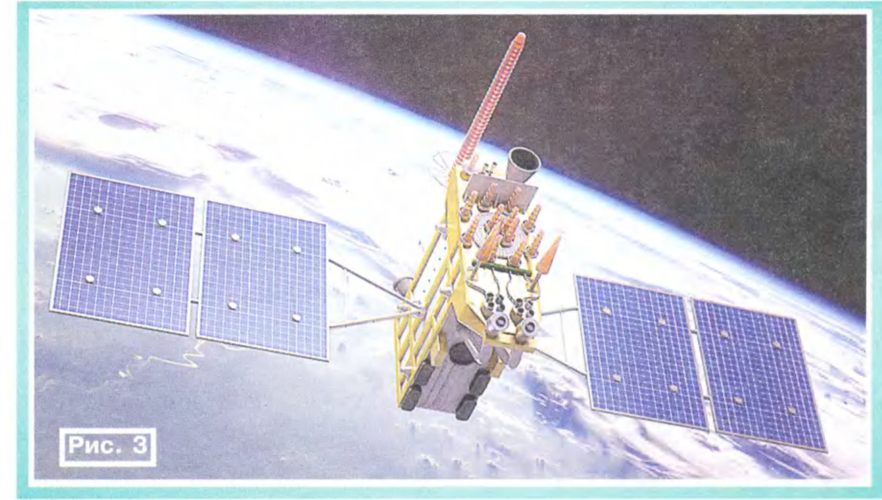
Эти задачи актуальны в свете эффективного применения навигационных технологий в условиях:

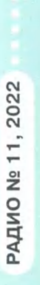
- существенных динамических воздействий на навигационную аппаратуру при её использовании в составе высокоточного оружия, ракетных и космических систем и комплексов;
- существенных помеховых воздействий, включая преднамеренные помехи;
- затенений и ухудшения видимости навигационных космических аппаратов (сложный рельеф местности, городская застройка, закрытые помещения и подземное пространство, подводная среда и др.).

Особое значение приобретают вопросы защиты частотного спектра, отведённого для радионавигации, с учётом развития коммерческих систем широкополосной связи в полосах частот, примыкающих к частотным диапазонам системы ГЛОНАСС. Серьёзную опасность представляет широкое распространение в мире устройств противодействия аппаратуре потребителей СРНС, способных препятствовать навигационно-временному обеспечению (НВО). Таким образом, в основе современных подходов развития ГЛОНАСС лежит совершенствование технических средств системы, повышение качества



Рис. 2


Рис. 3



Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

услуг при условии помехозащищённости и кибербезопасности.

Основные требования к СРНС

К основным требованиям относятся [2, 3]:

- потребитель, находящийся в любой точке Земли и околоземного пространства, должен иметь возможность определения своих координат;
- потребителю предоставлена возможность определения своих координат в любое время суток;
- обеспечена неограниченность числа потребителей системы, для которых определены три пространственные координаты, три составляющие скорости и текущее время.

Удовлетворение указанных требований обеспечивается выбором параметров орбит навигационных спутников (НС), их расположением на орбитах с непрерывным излучением радиосигналов и выполнением НВО непосредственно в аппаратуре потребителей.

Высокая точность НВО достигается использованием сложных радиосигналов со спутников, выбором необходимого созвездия навигационных спутников, достаточной мощностью передатчиков радиосигналов и рядом других факторов.

Выполнение основных требований к СРНС возможно в сетевой архитектуре системы: космический, наземный сегменты и сегмент потребителей (**рис. 2**).

Космический сегмент состоит из определённого числа НС, штатно 24 (**рис. 3**). Основные функции:

- формирование и излучение навигационных радиосигналов;
- обмен данными с наземным сегментом контроля и управления;
- контроль функционирования бортовой аппаратуры, формирование телеметрической информации, передаваемой на НКУ;
- проведение спутниковых измерений и обмен информацией между НС.

Наземный сегмент контроля и управления. Основные задачи:

- эфемеридное и частотно-временное обеспечение НС;
- мониторинг радионавигационного поля;
- радиотелеметрический мониторинг НС;
- командное и программное радиоуправление функционированием НС.

Под эфемеридным обеспечением понимают определение и прогноз параметров движения всех НС с помощью наземных средств и передачи этой информации на НС с целью её последующей передачи в навигационном сообщении потребителям.

Частотно-временное обеспечение включает определение отклонения бортовых шкал времени НС от системной шкалы времени и закладку на борт спутников частотно-временных поправок для их передачи потребителям.

Излучаемые с НС непрерывные навигационные радиосигналы образуют в околоземном пространстве радионавигационное поле.

В НКУ осуществляется мониторинг радионавигационного поля для обеспечения потребителей навигационными радиосигналами гарантированного качества, реализующими требуемую точность НВО.

Сегмент навигационной аппаратуры потребителя (НАП).

Данный сегмент включает:

- антенну с равномерной диаграммой направленности в верхнюю полусферу;
- высокочастотный приёмник, осуществляющий фильтрацию и разделение сигналов;
- вычислитель, решающий задачу НВО.

Обычно используют двухэтапное решение задачи НВО.

Этап 1. Формируются оценки параметров принятых радиосигналов и сигналов передаваемой информации навигационного сообщения.

Этап 2. Рассчитывают координаты потребителей.

Основы спутниковой радионавигации

Характеристика пространства и времени

В теории спутниковой радионавигации используется классическая евклидова трёхмерная геометрия, основанная на системе аксиом, изложенных в "Началах" Евклида (III век до н. э.). В рамках этой геометрии метрикой является расстояние между двумя точками пространства, вычисляемое по формуле

$$R = ((x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + (x_3 - y_3)^2)^{1/2}, \qquad (1)$$

где x_i, y_i, i = 1—3 — координаты точек, которые задаются, как правило, в прямоугольной декартовой системе координат.

Евклидово расстояние задаётся для двух точек пространства на один и тот же момент времени.

Позиционный метод определения координат потребителя

Основная задача, которая должна решаться с помощью СРНС, — получение потребителем информации о своих координатах в пространстве с использованием радиосигналов.

Для определения координат потребителя в СРНС используется позиционный метод [4], в котором местоположение определяется как точка пересечения двух или более линий (поверхностей) положения относительно известных опорных точек (ориентиров) (**рис. 4**). В качестве таких ориентиров в СРНС используются НС, положение которых полагается известным в каждый момент времени. Линией (поверхностью) положения называется геометрическое место точек пространства с одинаковым значением навигационного параметра, под которым понимается геометрический параметр, подлежащий определению. В данном случае — это расстояние R между двумя точками: опорной точкой, в которой находится НС, и точкой, в которой находится потребитель. Поэтому поверхностями положения R=const являются сферы с центрами в опорных точках.

Особенностью СРНС является то, что опорные точки движутся, т. е. их координаты меняются во времени. Поэтому необходимо конкретизировать, на какой момент времени задаются координаты опорных точек.

Для реализации описанного позиционного метода определения местоположения потребителя используются радиосигналы. Возможность определения расстояния между двумя точками основана на том, что время распространения радиосигнала τ от источника излучения до точки приёма пропорционально пройденному лучом расстоянию $R_{распр}$, т. е. $\tau_{распр} = R_{распр}/c$, где c — скорость света. Поэтому расстояние R... (1) в СРНС ассоциируется с расстоянием, пройденным сигналом от точки излучения до точки приёма. Следовательно, координаты опорной точки необходимо брать на момент излучения радиосигнала, а координаты точки приёма — в момент приёма радиосигнала. Тогда интервал времени $\Delta t = t_{пр} - t_{изл}$ (время приёма и излучения соответственно) характеризует время

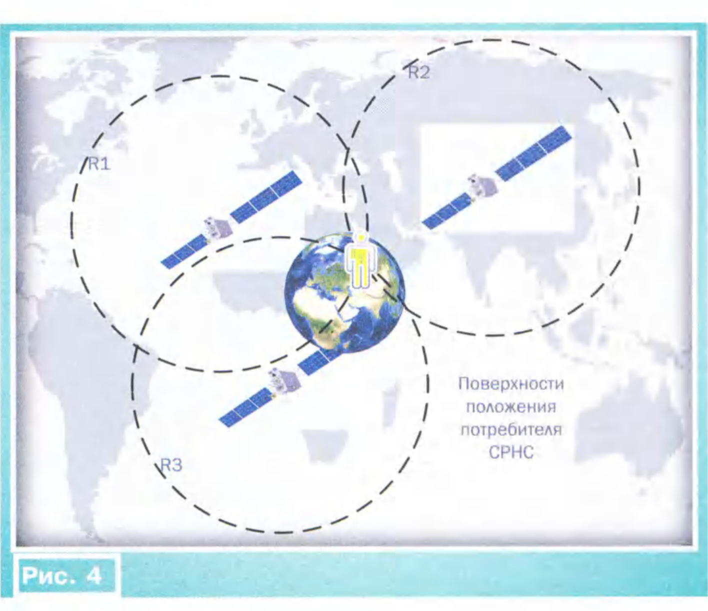


Рис. 4

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 11, 2022

распространения радиосигнала, значение которого обозначено $\tau_{распр}$.

Для точки, где находился НС в момент излучения радиосигнала, и точки, в которой находится потребитель в момент приёма, используя метрику евклидова расстояния (1), можно записать:

$$R_{распр} = ((x_{нс}(t_{изл}) - x(t_{пр}))^2 + (y_{нс}(t_{изл}) - y(t_{пр}))^2 + (z_{нс}(t_{изл}) - z(t_{пр}))^2)^{1/2}, \quad (2)$$

где $\{x_{нс}, y_{нс}, z_{нс}\}$ — декартовы координаты опорной точки — НС; $\{x, y, z\}$ — декартовы координаты потребителя.

Таким образом, в СРНС время распространения радиосигнала от навигационного спутника до потребителя задаёт параметр

$R_{распр}(t_{пр}, t_{изл}) = c\tau_{распр}(t_{пр}, t_{изл})$,

который является геометрической дальностью между точкой, в которой находился НС в момент времени излучения радиосигнала

$t_{изл} = t_{пр} - \Delta t$,

и точкой, в которой находится потребитель в момент времени приёма радиосигнала $t_{пр}$.

При определении собственных координат потребителя, измерив время распространения радиосигнала от одного спутника и зная его координаты на момент излучения, потребитель не может определить три собственные координаты из (2). Для решения этой задачи потребителю в один и тот же момент времени $t_{пр}$ необходимо измерить время распространения радиосигнала от трёх НС. Тогда потребитель имеет три уравнения:

$$\begin{aligned} R_{распр1} &= (((x_{нс1}(t_{изл1}) - x(t_{пр}))^2 + ((y_{нс1}(t_{изл1}) - y(t_{пр}))^2 + ((z_{нс1}(t_{изл1}) - z(t_{пр}))^2)^{1/2},\\ R_{распр2} &= (((x_{нс2}(t_{изл2}) - x(t_{пр}))^2 + ((y_{нс2}(t_{изл2}) - y(t_{пр}))^2 + ((z_{нс2}(t_{изл2}) - z(t_{пр}))^2)^{1/2}, \quad (3)\\ R_{распр3} &= (((x_{нс3}(t_{изл3}) - x(t_{пр}))^2 + ((y_{нс3}(t_{изл3}) - y(t_{пр}))^2 + ((z_{нс3}(t_{изл3}) - z(t_{пр}))^2)^{1/2}. \end{aligned}$$

Зная координаты трёх навигационных спутников из системы уравнений (3), можно найти координаты потребителя в момент приёма. Так как система уравнений нелинейная, то для получения однозначного решения необходима дополнительная информация. В качестве такой информации могут использоваться данные о том, находится потребитель в верхней или нижней полусфере относительно экватора Земли. Эту информацию получают, проводя измерения с четырьмя спутниками.

Для реализации принципа беззапросных измерений в СРНС используются различные разнесённые в пространстве шкалы времени (часы), размещаемые на НС и в навигационной аппаратуре потребителя (НАП). Время излучения радиосигнала задаётся в шкале времени НС, а время приёма — в шкале времени НАП. Поскольку шкалы времени НС и НАП не могут быть идеально синхронизированы между собой, то вычисляемое время распространения сигнала будет отличаться от истинного значения, и задержку называют псевдозадержкой.

Поскольку время распространения определяется как разность значений времени излучения и приёма, задаваемых в разных шкалах времени, то в НАП необходимо передать бортовые шкалы времени всех видимых НС. В НАП также необходимо передать данные о координатах НС на соответствующие моменты времени излучений для решения системы уравнений (3) с целью определения координат потребителя. Задача решается навигационными определениями СРНС.

Радиосигналы ГЛОНАСС

В СРНС используются узкополосные радиосигналы — радиосигналы, у которых полоса занимаемых частот много меньше несущей частоты радиосигнала. При распространении этих сигналов различают время распространения (задержки) огибающей и время распространения фазы радиосигнала. Поэтому определение координат потребителя (навигационные определения) в СРНС выполняют путём оценки времени распространения (задержки) огибающей радиосигнала и путём оценки времени распространения (задержки) фазы радиосигнала.

Требования, предъявляемые к радиосигналам системы ГЛОНАСС

В СРНС определение координат потребителя осуществляется с использованием радиосигналов, которые излучаются непрерывно со всех находящихся в эксплуатации спутников. При использовании частотного метода разделения радиосигналы всех НС излучаются на различных несущих частотах и имеют один и тот же вид модуляции. Для решения задачи навигационных определений необходимо оценивать параметры каждого принятого радиосигнала (задержку, доплеровское смещение частоты, фазу) и по полученным оценкам определять координаты потребителя.

Задача минимизации взаимного влияния одновременно принимаемых радиосигналов системы на характеристики приёма известна как разделение радиосигналов.

В НАП принимаются и обрабатываются радиосигналы диапазона L (1...2 ГГц) [5] от всех видимых НС (**рис. 5**).

В соответствии с концепцией развития СРНС ГЛОНАСС [6] в ней также планируются введение и использование новых радиосигналов с кодовым разделением.

С каждого спутника передаются эфемеридные данные — координаты, составляющие векторов скорости и ускорения НС на фиксированный момент времени и актуальные параметры орбиты НС.

В НАП на основе этих эфемеридных данных по заданной модели движения НС рассчитываются координаты и составляющие вектора скорости НС для текущего момента времени.

Вся информация, передаваемая с борта НС в интересах решения задачи навигационных определений, называется **навигационным сообщением**. Передача с НС навигационного сообщения осуществляется в цифровом виде, т. е. передаётся **цифровая информация** (ЦИ) [7].

Таким образом, одним из требований к радиосигналам является передача необходимого объёма ЦИ.

В СРНС используются радиосигналы с бинарной (цифровой) фазовой манипуляцией на "пи" π:

$s(t) = A\cos(\omega_0 t + \pi\vartheta(t) + \phi_0)$.

Таким образом, радиосигналы СРНС могут описываться с использованием функции $\vartheta(t)$ цифровой манипуляции на π.

Функция $\vartheta(t)$ цифровой фазовой манипуляции формируется в виде суммы по модулю 2 нескольких цифровых функций:

$\vartheta(t) = \vartheta_a(t) \oplus b(t) \oplus \vartheta_c(t) \oplus \dots \vartheta_g(t)$,

где $\vartheta_a(t)$, $\vartheta_b(t)$, $\vartheta_c(t)$ ... $\vartheta_g(t)$ — функции, принимающие значение 0 или 1; $\oplus$ — знак суммирования по модулю 2.

В существующих сигналах СРНС функция $\vartheta(t)$ включает следующие составляющие:

$\vartheta_a(t)$ — цифровая модуляция, предназначенная для расширения спектра радиосигнала с целью повышения точности оценки задержки. Это последовательности максимальной длины (М-последовательности), характеризующиеся минимальным уровнем боковых лепестков нормированной корреляционной функции дальномерного кода;

$\vartheta_b(t)$ — цифровая модуляция, обеспечивающая передачу ЦИ.

Такую последовательность называют **дальномерным кодом**.

Таким образом, М-последовательности (сложные сигналы) нужны для

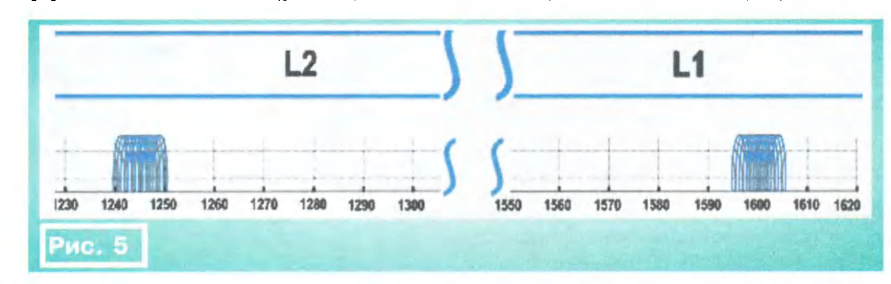


Рис. 5

В перспективе при использовании кодового разделения радиосигналы всех спутников будут использовать одну несущую частоту при различии в виде модуляции.

точного отсчёта задержки (в конечном счёте — дальности и, следовательно, координат потребителя); ЦИ — вспомогательные данные управления, в частности, идентифицирующие альманах

(характеристики спутников), эфемериды, часы.

Радиосигналы открытого и санкционированного доступа

В настоящее время в СРНС ГЛОНАСС в частотных поддиапазонах L1 и L2 излучаются радиосигналы с частотным разделением [6].

С НС излучаются радиосигналы двух типов:

1. Радиосигнал стандартной точности (СТ), доступный любым потребителям.
2. Радиосигнал высокой точности (ВТ), доступный только специальным потребителям.

Объединение двух радиосигналов в один суммарный осуществляется по принципу квадратурного (фазового) уплотнения.

Несущие частоты радиосигналов ГЛОНАСС

Номинальные значения несущих частот радиосигналов НС определяются соотношением

$f^k_{Li} = f_{0i} + k\Delta f_i$,

где i = 1, 2 — номер диапазона частот; k — номер несущей частоты, f_{01} = = 1602 МГц; f_{02} = 1246 МГц; f_1 = = 562,5 кГц; f_2 = 437,5 кГц.

Отношение $f^k_{L2}/f^k_{L1} = 7/9$.

Частотные диапазоны, используемые в спутниковой радионавигации

Регламентом радиосвязи Международного союза электросвязи (МСЭ) [6] спутниковой радионавигации отведены частотные поддиапазоны (**табл. 1**).

Таблица 1

Диапазон частот	Полоса частот 17,1 МГц	Полоса частот 19 МГц	Полоса частот 21,88 МГц
L1, МГц	1592,9...1610		
L2, МГц		1237,8...1256,8	
L3, МГц			1190,35...1212,23

Таблица 2

СРНС	Δf_{L1}	Δf_{L2}	Δf_{L3}
ГЛОНАСС	17,1	19	21,88
GPS	30	25	26
Galileo	32	40	50

Полосы частот в мегагерцах, отведённые различным СРНС, представлены в **табл. 2**.

Заметьте, что полосы частот, отведённые СРНС ГЛОНАСС в указанных частотных поддиапазонах, существенно меньше полос частот, отведённых американской и европейской СРНС в тех же частотных поддиапазонах.

Базовые принципы СРНС ГЛОНАСС

1. Производится излучение радиосигналов с нескольких НС, координаты которых известны.
2. Используется позиционный метод определения координат потребителя.
3. В качестве радионавигационных параметров используются задержки радиосигналов при распространении от НС к потребителю.
4. Используется беззапросный способ для определения времени распространения сигналов.
5. При реализации беззапросного способа используются различные, разнесённые в пространстве шкалы времени на НКУ, НС и НАП.
6. Для определения координат потребителя в НАП должна передаваться дополнительная информация (значения координат и составляющих вектора скорости спутника, бортовая шкала времени и др.), как правило, в сигналах НС.

Этапы развития системы ГЛОНАСС

Тактико-технические требования системы реализуются поэтапно [7]. Завершение этапа характеризуется появлением новой услуги или повышением качества предоставления имеющихся услуг, связанных с дальнейшей модернизацией системы ГЛОНАСС.

Этап 1 (2020 г.)

Достижение точности, предоставляемой потребителям услуги навигационных определений открытого доступа на уровне 2,76 м СКП за счёт:

- запусков спутников "Глонасс-К2". Начало лётных испытаний НС пятого поколения "Глонасс-К2", излучающего весь спектр навигационных сигналов в частотных диапазонах L1/L2/L3;
- внедрения технологии закладки эфемеридно-временной информации (ЭВИ) на основе межспутниковой радиолинии и использования в ЭВИ глобальной сети измерительных станций;
- создания наземного сегмента воздушно-космического комплекса (ВКК) для орбитальной группировки спутников (ОрГ), включающей НС "Глонасс-М", "Глонасс-К", "Глонасс-К2" с повышенными тактико-техническими характеристиками;
- реализации услуги повышенной надёжности и точности, которая позволяет решать задачи навигационных определений с погрешностью 1 м.

Этап 2 (2025 г.)

Создание ВКК для достижения погрешности базовой услуги в ~2,06 м в приоритетной зоне обслуживания, а также реализации услуги высокой точности с контролируемым доступом (санкционированным и коммерческим) на всей территории РФ, в арктической зоне и прилегающих территориях с точностью до ~0,07 м.

Реализация услуги повышенной надёжности и точности, которая обеспечивает навигационные определения с СКП 1 м с удовлетворением сертификационных требований и более высокой надёжностью, чем при использовании базовой услуги за счёт:

- развёртывания четырёх КА на геостационарной орбите для передачи информации;
- проведения сертификации оборудования, предоставляющего услугу и используемого для воздушного движения.

Этап 3 (2030 г.)

Достижение точности предоставляемой базовой услуги на уровне 2,65 м:

1. За счёт обновления ОрГ ГЛОНАСС на основе НС "Глонасс-К2".
2. В результате создания глобальной системы мониторинга геодезических параметров Земли.
3. Реализация сертифицированной услуги повышения надёжности и точности на всей территории Российской Федерации за счёт создания и сертификации комплекса функционального дополнения системы дифференциальной коррекции и мониторинга, обеспечивающей передачу корректирующей информации через геостационарные КА в зоне их действия и через всемирную сеть Интернет.

Этап 4 (после 2030 г.)

Дальнейшее повышение точности, предоставляемой потребителям базовой услуги на уровне, определяемом по итогам Федеральной целевой программы ГЛОНАСС до 2030 г., а также повышение надёжности предоставления потребителю услуги относительной навигации:

1. На основе поддержания полной ОрГ из КА "Глонасс-К2".
2. Вследствие дальнейшего развития системы ГЛОНАСС в составе долговременных НС "Глонасс-К2".

ГЛОНАСС — система двойного назначения, обеспечивающая решение навигационных и координатно-временных задач в интересах гражданских и специальных потребителей. Поэтому развитие и использование системы направлено на обеспечение обороны и безопасности, а также на экономическое развитие России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа Российской Федерации "Космическая деятельность России на 2013—2020 годы" (утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 2594-р). — URL: **https://ach.gov.ru/upload/iblock/1a4/1a4f2fde9b9146ed811d559b1931ca75.pdf**, **http://www.aggf.ru/projects/sovershenstvovanie-normativnoy-bazy/** (27.09.22).
2. Принципы навигации. — URL: **https://www.glonass-iac.ru/guide/navfaq.php** (27.09.22).
3. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. — М.: Радиотехника, 2010.
4. **Ярлыков М. С.** Статистическая теория радионавигации. — М.: Радио и связь, 1985.
5. Интерфейсный контрольный документ. "Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Навигационный радиосигнал в диапазонах L1, L2". Версия 5.1/2008.
6. Регламент радиосвязи Международного союза электросвязи. ITU, 2012.
7. ГЛОНАСС. Модернизация и перспективы развития. Под ред. А. И. Перова. — М.: Радиотехника, 2020.

Активные антенны Е-поля

Часть 8

Активные диполи

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

Симметричные АА. Активный диполь

Как было ранее показано, нет "монопольных" антенн в чистом виде. Любая реально работающая антенна имеет в основе некоторую дипольную структуру. Это может быть реализовано иногда не сразу очевидным образом у несимметричных конструкций. В нашем классическом понимании дипольные антенны должны иметь размеры, сравнимые с длиной волны принимаемого сигнала.

Весной 2016 г. на форуме сайта **www.radioscanner.ru** были выражены разные взгляды насчёт работоспособности минидиполей в диапазоне 0,01...30 МГц. Проведённые до этого многими радиолюбителями эксперименты не дали однозначной картины. Нужно было доказать на практике, что отдельно взятый малогабаритный радиоприёмник совместно с минидиполем образуют автономно действующую приёмную систему от КВ-диапазона вплоть до СДВ-ДВ.

Сомневающемуся или любопытному читателю представлены описания нескольких проверенных конструкций, которые раскрыли уникальные свойства активных минидиполей при реальной работе. В некоторых случаях с их помощью городские радиолюбители радостно возвращались к любимому хобби несмотря на существенные помехи во дворе. Кроме того, активный минидиполь дал возможность "положить на бок" АА и принимать горизонтальную поляризацию с ДН "восьмёрка". Управление двойным диполем (кросс-диполем) позволило сбыться мечте о создании поворотного горизонтального диполя для приёма в КВ-диапазоне. Представьте, как мог бы выглядеть проволочный полноразмерный диполь на диапазон 80 метров с механическим поворотным устройством.

По итогам неудачных экспериментов стало ясно, насколько важна симметрия в активном диполе (АД) для получения "отрыва" от кабеля снижения и "кривого" заземления городской застройки. Подбор транзисторов, как это уже стало практикой в предыдущем разделе по дифференциальным усилителям (ДУ), теперь станет обязательной частью успешной реализации АД. По умолчанию, в ДУ применяются идентичные транзисторы. Разброс основных параметров должен быть не более 1 %, что обеспечит подавление вредных эффектов в ДУ на 33...40 дБ.

Узлы сложения сигналов

Несмотря на элегантность и простоту трансформаторного сложения сигналов от плеч диполя такой способ не обеспечивает высокой чувствительности в крайне широком диапазоне частот 0,01...30 МГц, поскольку имеется слишком большой разброс импеданса коротких АЭ в этом диапазоне. Тем не менее, весной 2016 г. мои первые эксперименты в ограниченном диапазоне 3...8 МГц были проведены с трансформатором 25:25:1 (по Z) к входу (доработанного) приёмника PL-660, работающего от аккумуляторов. Эта "оторванная от земли" приёмная система показала в открытой местности чёткие признаки дипольного приёма — два явно выраженных провала в ДН. Как можно было ожидать, на ДВ и СВ этот диполь с метровыми плечами и явно ёмкостным характером импеданса не согласовывался с трансформатором, в результате приёма не было. Нужен был активный узел сложения с высоким импедансом и равномерной АЧХ во всём диапазоне частот 0,01...30 МГц.

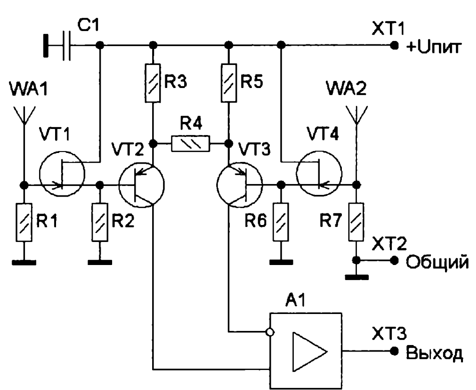


Рис. 1

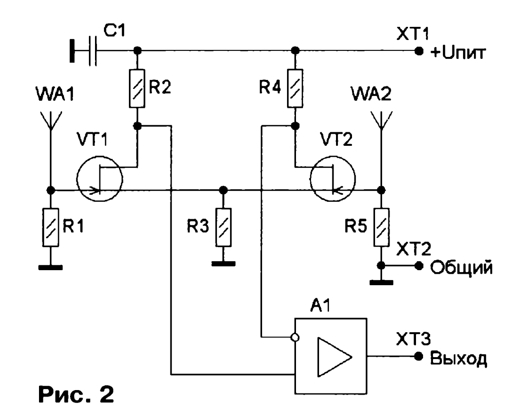


Рис. 2

Сумматоры или узлы сложения сигналов для АД могут быть двух основных видов. В первом сложение осуществляется в ДУ на транзисторах VT2 и VT3, установленных после входных ИП на полевых транзисторах (ПТ) VT1 и VT4 (**рис. 1**). Включение полевых транзисторов здесь показано условно, все тонкости обсуждались ранее, они столь же актуальны и для диполей. Сумматор имеет большую свободу при выборе элементной базы, а дипольные эффекты определяются, в первую очередь, качеством ДУ на транзисторах VT2 и VT3. Узел сложения противофазных сигналов А1 может быть активным, но и общепринятые стандартные ВЧ-трансформаторы показывают полноценное качество.

Простой ДУ на биполярных транзисторах (БТ) с прямой эмиттерной связью имеет крайне малый допустимый размах сигналов, примерно до 10 мВ с $IM_3 = -40$ дБ. Поэтому на практике применяется ООС между эмиттерами (резистор R4), чем расширяется динамический диапазон (ДД). Высокая идентичность ИП и безупречная симметричность ДУ на БТ с ООС позволяют получить идеальную симметрию с малыми затратами. Однако на высокочастотных КВ-диапазонах шумовые параметры такого сумматора станут неудовлетворительными.

С меньшим шумом работает АД, если ДУ сделать непосредственно на достаточно крутых ПТ (**рис. 2**). При совпадении основных параметров транзисторов VT1 и VT2 (сопротивление канала, начальный ток стока, напряжение отсечки, крутизна и ёмкость) на 3 % (1 %) получается глубина компенсации вредных эффектов на 26...30 дБ (40 дБ), но важнее, что IM_2 почти не образуется.

Особенность этого простого варианта — невысокая стабильность, симметрия к выходу ДУ, что деформирует ДН АД. Так как сигналы снимаются со стоков, присутствует вредное действие ёмкости сток—затвор $C_{СЗ}$. Этот недостаток можно устранить с помощью усилителя А1, если его входы имеют малый импеданс (каскад с ОБ). Разница по крутизне ПТ также искривляет результирующую ДН вблизи нулей. Применение каскадов с ОИ на входах АД дало бы минимум по шумам, но это

РАДИО № 11, 2022
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО®

потребовало бы очень точного совпадения параметров ПТ. Для АД на диапазон частот 0,01...30 МГц такое не рекомендуется.

Инжектор тока в ДУ

Простой резистор R3 (см. рис. 2) вроде бы должен быть достаточным решением для инжекции тока в ДУ, так как полезный разностный сигнал на нём подавлен. Эксперименты с подобными схемными решениями дали хороший приём, пока не было синфазных воздействий. Как только появятся синфазные помехи или мощные синфазные сигналы, оба транзистора начинают "дёргать" напряжение на резисторе R3, поэтому изменяются токи обоих транзисторов. Это вызывает изменение их крутизны (усиления) для разностных полезных сигналов, что приводит к вредным интермодуляционным искажениям. По этой причине инжектор тока эмиттеров (истоков) в ДУ должен иметь высокий выходной дифференциальный импеданс и ещё с запасом по напряжению. Идеально (практически бесшумно) ведут себя катушки индуктивности. Однако на низких частотах требуется дроссель с большой индуктивностью, что может конфликтовать с допустимым током, поэтому потребуются относительно крупногабаритные изделия. В этом плане транзисторный источник тока более технологичен. Чтобы его шум не добавился к сигналу, обязательно нужно сложить полезный сигнал от обоих коллекторов (стоков) в противофазе и делить ток в ДУ строго пополам.

Высокочастотные ОУ в АА

Многие задачи современной схемотехники решаются удобно и экономично с помощью операционных усилителей (ОУ). Одно из направлений развития этой технологии — создание ОУ для работы на ВЧ и даже СВЧ. Первым представителем этой категории можно назвать классику из 1970-х годов — ОУ серии μA733. Он был разработан для усиления сигналов с магнитных носителей информации, и поэтому его выходы оптимизированы на стыковку с ТТЛ-элементами и током покоя всего лишь 800 мкА на каждом выходе. Тем не менее, узлы для АА на ОУ μA733 достаточно популярны, они могут и в наши дни дать приемлемые результаты. Микросхема или её клоны до сих пор присутствуют на прилавках (К171УВ2, NE592), они всегда пригодятся в радиолюбительском хозяйстве для качественного усиления сигналов "на скорую руку".

Массовое внедрение высокоскоростных АЦП вызвало появление СВЧ ОУ с отличными параметрами по линейности и шуму. Но обычно у них большой потребляемый ток, малое напряжение питания, небольшой допустимый размах входного напряжения, поэтому они не "стыкуются" с ожидаемыми сигналами и воздействиями, присущими радиоэфиру при дальней связи. Эти ОУ редко сделаны для прямого подключения к коаксиальному кабелю без деградации линейности, что усложняет схему АА. При разработке АА с применением таких ОУ нельзя напрямую приписать такой АА все превосходные качества ОУ из его документации. К рекламным обещаниям на такие АА стоит отнестись критически, особенно к расчётным параметрам как OIP2 и OIP3 (их часто указывают в литературе и документации). Эти расчётные точки находятся в диаграмме далеко за пределами возможностей выходных каскадов по размаху напряжения и тока при нагрузке 50 Ом (75 Ом). Самый неприятный эффект — это резкое появление жёсткого ограничения. То есть до некоторого уровня загрузки эфира всё хорошо, но когда появится ещё один сигнал среднего уровня, приём может стать невозможным совсем. У усилителей с "мягким" ограничением наблюдается легко уловимая постепенная деградация при растущей загрузке эфира.

ВЧ ОУ серии AD8129 идеально подходит для дипольных АА простой категории. Микросхема преобразует разностный сигнал у входа среднего импеданса (несколько килоом на ВЧ) в однофазный сигнал с глубоким подавлением синфазных составляющих. Ещё при минимальном однополярном напряжении питания +4,5 В этот ОУ обеспечит удовлетворительный уровень шума, допустимый размах дифференциального входного сигнала 120 мВ, подавление синфазного сигнала размахом до 2 В и невысокий уровень искажений.

ВЧ ОУ с симметричными выходами (серии AD8137, AD8138 и некоторые другие) могут работать на нагрузку в виде витой пары. Это в некоторых обстоятельствах может снизить помехи на входе приёмника, особенно в промышленной обстановке. Как показали опыты, даже самые хорошие кабели с витыми парами заметно деградируют по АЧХ на частоте более 10 МГц, и на высокочастотных КВ-диапазонах они малопригодны.

Особое отличие ОУ AD8129 от многих других ВЧ ОУ — это его входы типа "открытая база", вне петли ООС. За счёт этого источник сигнала мало и линейно нагружается. Подобное ещё имеется у ВЧ ОУ AD8351 и в классическом ОУ μA733.

На частотах более 20 МГц импеданс метрового АЭ снижается и становится сопоставим с входным импедансом ВЧ ОУ (несколько килоом), оптимально сочетаются шумовые параметры ОУ и шумы радиоэфира. На ОУ AD8129 можно реализовать простой активный КВ/УКВ-диполь для приёма в диапазоне 10...110 МГц.

При выборе ОУ для АА нужно обратить внимание на его шумы, которые нормируются спектральной плотностью амплитуды шума тока (пА/√Гц) и напряжения (нВ/√Гц) в зависимости от частоты. Ориентировочно можно считать, что наименьший шум усилителя обеспечивается при работе от источника сигнала с импедансом $R_г = U_ш/I_ш$, где $I_ш$ — ток шумов; $U_ш$ — напряжение шумов. Однако это условие сложно выполнять в широкополосных АА, поэтому придётся искать компромиссы.

Кабельный дроссель

Стационарные АД теоретически, и отчасти практически, прекрасно работают без кабельных дросселей. Однако на оба АЭ по отношению ко всей системе могут наводиться большие синфазные помехи амплитудой несколько вольт, которые не всякий ДУ сможет подавить на требуемые 40 дБ из-за перегрузки инжектора тока из-за ограниченного запаса по напряжению.

Дроссель для отсечки НЧ-помех в лучшем случае имеет реактивное сопротивление несколько килоом, тогда как АЭ и противовес имеют сопротивление десятки и сотни килоом. Поэтому НЧ-дроссель устанавливать на печатную плату АД не имеет смысла. Этому дросселю место там, где фидер выходит из строительной конструкции дома, и этот дроссель разделит два больших ёмкостных объекта — это здание и АД с многометровым отрезком фидера. Всё это хорошо сработает в диапазоне от СДВ до низкочастотных КВ-диапазонов.

Дроссель для отсечки помех на частоте более 3 МГц лучше разместить на печатной плате АД или близко к ней, чтобы отсечка оказалась в "центре тяжести" дипольных образований между плечами АД и того участка фидера до захода в строительную структуру. Индуктивности дросселя 100 мкГн (20 мкГн) вполне достаточно на средних (высоких) КВ, чтобы мешать этой вредной "боковой" дипольной работе. Нужно применять твёрдые порошковые ферриты (М50ВН—М1000НН), чтобы их собственный резонанс был расположен в рабочем КВ-диапазоне или даже выше.

Экспериментальный АД "Швабра"

Весной 2016 г. был разработан экспериментальный АД, схема которого показана на **рис. 3**. Позже эта АА получила хорошие отзывы у пользователей. Для экспериментального варианта схема этого АД на первый взгляд кажется излишне сложной, но в ней применены различные ранее успешно применённые узлы и технические решения с проверенными параметрами по отдельности, чем облегчается однозначная оценка и интерпретация результатов.

Этот АД рассчитан на питание напряжением 6 В по фидеру, поэтому во время экспериментов можно использовать различные доступные автономные источники питания.

Входной узел и ИП на транзисторах VT1, VT2 аналогичен узлу из проекта доработанного радиоприёмника PL-660. На входе добавлены элементы защиты. Сверхскоростной разрядник $FV_к$ — конструктивный, он выполнен в виде печатных проводников определённой формы и обозначен на плата как SGx. Он срабатывает при напряжении 1 кВ при отсутствии газоразрядников FV1, FV2 с номинальным напряжением 70...150 В. Диодные сборки VD1—VD4, установленные после ФНЧ, ограничивают мощные помехи размахом 2 В и более. Эти диоды не сработают от мощных УКВ-по-

Рис. 3

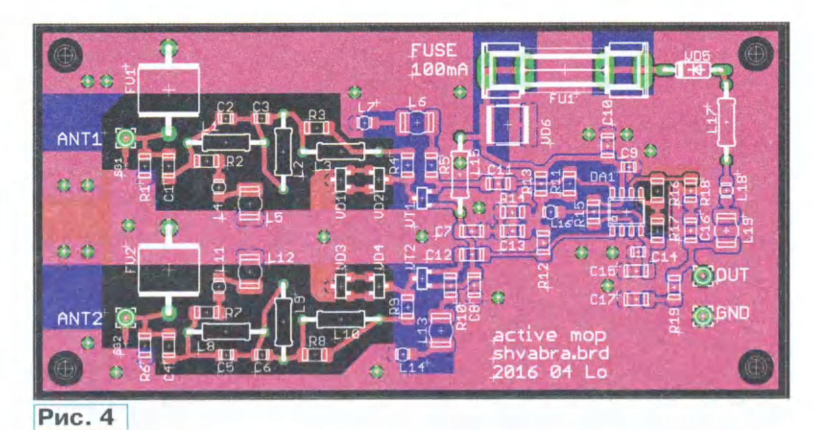


Рис. 4

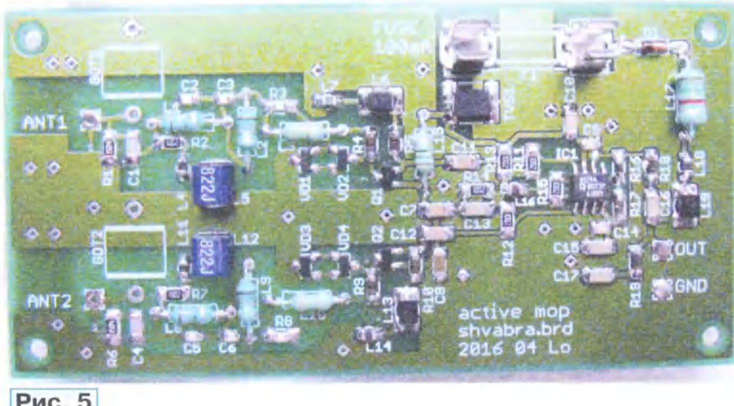


Рис. 5

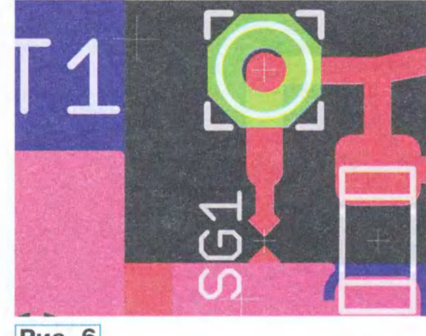


Рис. 6

мех, что в городе важно и ранее плохо повлияло на ход экспериментов. В составе ФНЧ на входе работают заграждающие контуры на частоты 105 МГц (L1C2 и L8C5), 85 МГц (L2C3, L9C6) и 55 МГц (L3, L10). Суммарная индуктивность дросселей в каждом из ФНЧ — 6,9 мкГн, она вместе с входной ёмкостью ПТ (6 пФ) создаст полезный подъём чувствительности на высокочастотных КВ-диапазонах. Резисторы R3 и R8 подавляют паразитные последовательные резонансы. А если взамен них установить конденсаторы ёмкостью около 2,2 пФ, получается большое подавление на частоте 55 МГц. Во многих бюджетных радиоприёмниках это частота первой ПЧ.

В цепи истоков установлены по два дросселя с разносом номиналов 1:5, номиналы здесь не особо критичны, индуктивность L6 и L13 может быть 1 мГн (для поверхностного монтажа с малой добротностью).

Предполагаемая перегрузка от местных помех на СДВ-ДВ устраняется на входе дросселями L4, L5 и L11, L12. Позже выяснилось, что эта проблема не везде столь острая, и вместо этих дросселей можно установить резисторы сопротивлением 0,1...1 МОм.

ИП на транзисторах VT1, VT2 обеспечивает подавление синфазных сигналов не менее чем на 40 дБ до напряжения размахом 1 В. Следовательно, в ДН образуются характерные для диполя два глубоких провала.

Сумматор сигналов собран на ОУ DA1 с коэффициентом усиления 26 дБ по рекомендациям из документации. Это оказалось "в точку", и уменьшать

усиление за счёт ООС не стоит, поскольку теряется стабильность. На выходе ОУ установлен аттенюатор на 6 дБ (R18R19), в результате получается аттенюатор 12 дБ на нагрузке 50 Ом. Его основная задача состоит в обеспечении низкого КСВ для исключения резонансов кабеля снижения. Заодно аттенюатор увеличит линейность ОУ согласно информации в его документации. Принятое здесь решение R18 = 100 Ом является компромиссным, если параметры кабеля и приёмника это позволят, его сопротивление надо увеличить до 220 Ом, а сопротивление резистора R19 уменьшить до 68 Ом. Для кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом R18 = R19 = 150 Ом, и ОУ AD8129 уже почти выходит на свою предельную линейность.

Реализация

Печатная плата АД показана на **рис. 4**, а смонтированная плата первой версии устройства показана на **рис. 5**. Газоразрядники FV1, FV2 нужны при установке АА на высокой крыше, топология конструктивных разрядников показана на **рис. 6** в увеличенном виде.

Напряжение питания можно увеличить до 15 В, но потребуется установить другой защитный диод VD6, чтобы он не сработал при штатном напряжении питания.

Рекомендуется конденсаторы C11 и C12 установить позже, сначала проверяют идентичность входных усилителей.

Для первой конструкции устройства была использована металлическая коробка. Позже оказалось, что в пластмассовой коробке всё работает более чётко, поскольку образуется меньше паразитных ёмкостей.

Экспериментальная конструкция сформировалась после посещения провинциального хозяйственного магазина, где были приобретены две алюминиевые тарелки и простая деревянная швабра, поэтому эта антенна и получила название "Швабра" (**рис. 7**).

С помощью шеста "Швабра" была установлена примерно на расстоянии 3 м от стены здания. В результате и получился на южном Урале хороший приём от ДВ до частоты 3 МГц, радиовещательные станции отлично принимались до частоты 10 МГц. Для хорошего дневного приёма на КВ до 30 МГц нужно было удлинить плечи до 100 см, с опасностью возникновения искажений при "гремучем" вечернем эфире.



Рис. 7

Dämpfung und Phasendrehung als Funktion der Frequenz

Dämpfung /dB — Phasenwinkel in Grad

fStart 50,000k — Länge 0,40 m — Typ H1001 — Batt — fStop 150,000M

	Marker 1	Marker 2	Marker 3	Marker 4
Frequenz:	150,429 kHz	1,9425 MHz	24,7887 MHz	56,1263 MHz
Amplitude	0,0420	0,0840	0,1928	0,0148
Pegel:	-27,5 dB	-21,5 dB	-14,3 dB	-36,6 dB
Phase:	106,2 °	-0,9 °	-95,6 °	-157,8 °
Phase:	1,853 rad	-0,016 rad	-1,669 rad	-2,754 rad

Рис. 8

Dämpfung /dB | Dämpfung und Phasendrehung als Funktion der Frequenz | Phasenwinkel in Grad

Marker 1		Marker 2		Marker 3		Marker 4	
Frequenz:	132,054 kHz	Frequenz:	3,0830 MHz	Frequenz:	14,3762 MHz	Frequenz:	54,8125 MHz
Amplitude	0,0333	Amplitude	0,0854	Amplitude	0,1144	Amplitude	0,0105
Pegel:	-29,5 dB	Pegel:	-21,4 dB	Pegel:	-18,8 dB	Pegel:	-39,5 dB
Phase:	108,0 °	Phase:	-2,2 °	Phase:	-32,2 °	Phase:	-168,3 °
Phase:	1,886 rad	Phase:	-0,038 rad	Phase:	-0,562 rad	Phase:	-2,937 rad

50,000k fStart | Länge 0,40 m | Typ H1001 | Batt | 150,000M fStop

Рис. 9

Измерения

На **рис. 8** и **рис. 9** показаны АЧХ по отдельности каждого канала от антенных входов к общему выходу. Отметим их хорошее совпадение. Соответственно, если подавать сигнал одновременно на оба входа (синфазно), на выходе получаем "остаточный" подавленный синфазный сигнал по **рис. 10**. Это указывает на то, что до частоты 10 МГц подавление синфазного сигнала — не менее 40 дБ, на частотах выше — синфазный сигнал растёт. Тем не менее, на частоте 20 МГц (30 МГц) оно составляет не менее 28 дБ (15 дБ). Подавление видно как разницу между графиком на рис. 10 и графиками на рис. 8, рис. 9.

Так как мощные синфазные помехи имеют спектр ниже 10 МГц, этот результат удовлетворит полностью. Глубина минимума −18 дБ в ДН диполя на частоте 28 МГц вполне достаточна для радиолюбительского применения при подавлении сигналов, идущих из ненужного направления.

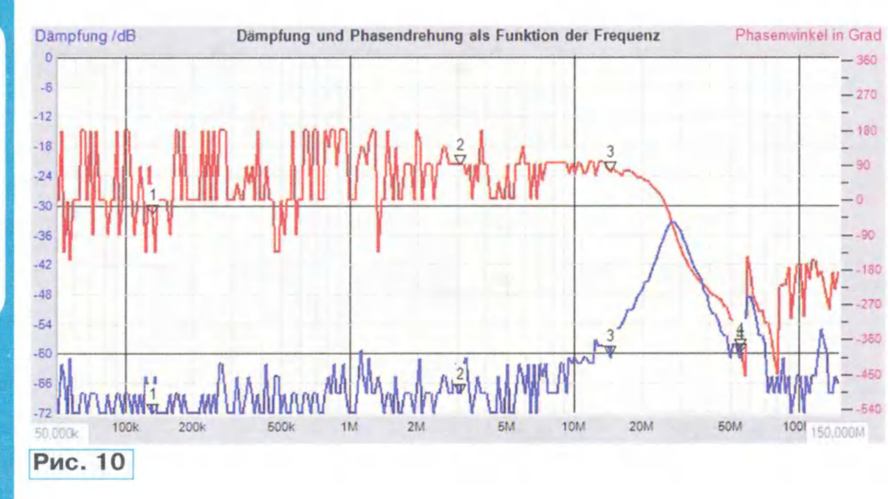


Рис. 10

Эта АА без заметной интермодуляции в доработанном приёмнике PL-660 принимает разностный двухтональный сигнал размахом 2×10 мВ, а при 2×100 мВ образуются искажения $IM_2 = IM_3 = -40$ дБ. По ДД она работает на уровне большинства бытовых всеволновых приёмников.

Эксперименты и выводы

В результате проведённых экспериментов можно сделать основной вывод — АД работает на практике. Пример эффекта "чистки" приёма на КВ (диапазон 25 метров) при установке на крыше высотного здания показан на **рис. 11**. Место проведения эксперимента — г. Красноярск, весна 2017 г.

"Дым" от бытовых помех, который по фидеру приходит к позиции АА на крыше, заметно развеян по сравнению с "монопольной" Miniwhip. Обе антенны работали без кабельных дросселей.

Для приёма СДВ-ДВ-СВ диполь должен быть выставлен вертикально, при этом принимается характерная для СДВ-ДВ-СВ вертикальная поляризация. Это обстоятельство порождает очень интересный способ установки АД у окна многоэтажного здания, особенно на средних этажах, когда нет выхода на крышу. Можно установить АА на расстоянии от стены на 2...3 м и установить плечи диполя вертикально.

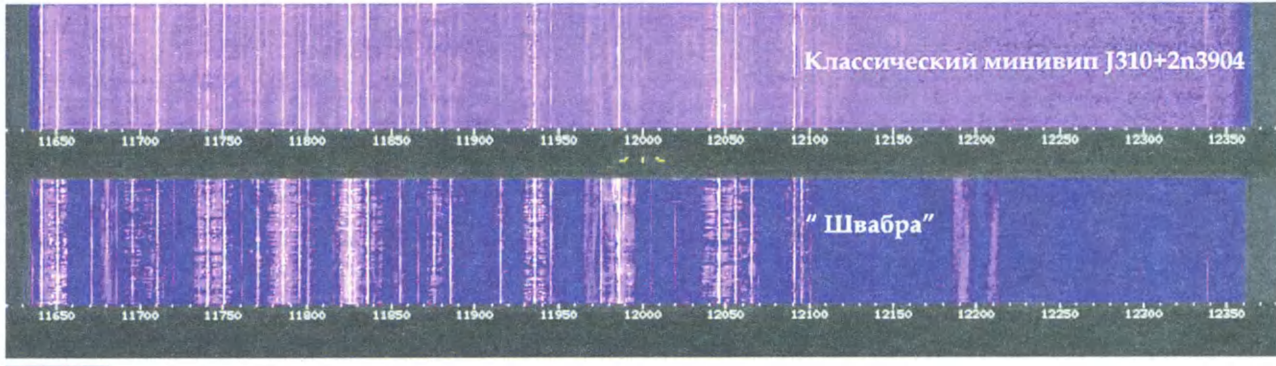


Рис. 11

На КВ-диапазоне была отмечена интересная картина. Более 80 % существенных сигналов можно было принимать предпочтительно с горизонтальным положением диполя. Для остальных 20 % лучшее качество приёма обеспечивается при выставленной вертикальной позиции. Но это вовсе не значит, что поляризация этих КВ-сигналов строго вертикальная. Чаще всего имеется поляризация диагональная и меняющаяся. При более подробном исследовании оказалось, что можно принимать почти все существенные сигналы с антенной горизонтальной поляризацией, если есть возможность поворачивать антенну в горизонтальной плоскости. Это очередной раз доказывает, что у этого АД имеется та общеизвестная ДН диполя в виде восьмёрки, и станции могут "исчезать", попадая в "ноль". В результате образуются два "слепых" направления. Это можно применить для подавления сигнала по направлению, с другой стороны — есть вероятность пропустить сигналы из данного направления. В этом плане вертикальная "монопольная" АА более надёжна для всенаправленного мониторинга, когда отчасти достаточно выявить присутствие сигнала без его демодуляции и качественного воспроизведения.

При приёме на диапазонах от 80 до 20 метров оказалось, что в целом приём на расстоянии до 1000...3000 км более богатый при горизонтальной поляризации, так как большинство радиолюбителей работают с антеннами горизонтальной поляризации, и эти сигналы при первом скачке под большим углом с такой же горизонтальной поляризацией и приходят. А межконтинентальные сигналы приходят надёжнее с вертикальной поляризацией на диапазонах от 160 до 20 метров.

Вопрос по длине АЭ в диполе не имеет однозначного ответа. Размер имеет значение, для приёма на КВ-диапазонах — точно. Так как высота над поверхностью земли для диполя менее критична, имеется значительно больше свободы по выбору длины плеч. Если предполагать приём до частоты 30 МГц, два АЭ по 120...150 см вполне приемлемы, если усилитель это выдержит по линейности. В утренние часы для АД "Швабра" это не проблема.

Несмотря на многочисленные просьбы, я не стал модернизировать АД "Швабра", так как он в своей категории по защищённости и по простоте налаживания хорош. Слабым местом является ОУ AD8129, и он не даст перейти на следующую ступень. Первое, такой линейности по разностным сигналам легко достичь с ДУ на ПТ, а ограничение по размаху сигнала на 120...200 мВ при IM = −40 дБ не даст развития концепции. В данной концепции входы ОУ AD8129 получают сигнал из низкоомного источника (исток). Поэтому доминирует шум самого ОУ, он в четыре раза больше ЭДС шума входных транзисторов VT1 и VT2. Поэтому АД "Швабра" предпочтительно применить в мегаполисе с занятым УКВ-диапазоном и мощным общим фоном бытовых и инфраструктурных помех, а длину АЭ выбрать по критерию минимальных интермодуляционных искажений в вечернее время.

Кросс-диполь

Положительные результаты с АД "Швабра" привели в 2016 г. к идее сделать кросс-диполь с поворачиваемой ДН. Можно, конечно, ограничиться простым переключением диполей, но

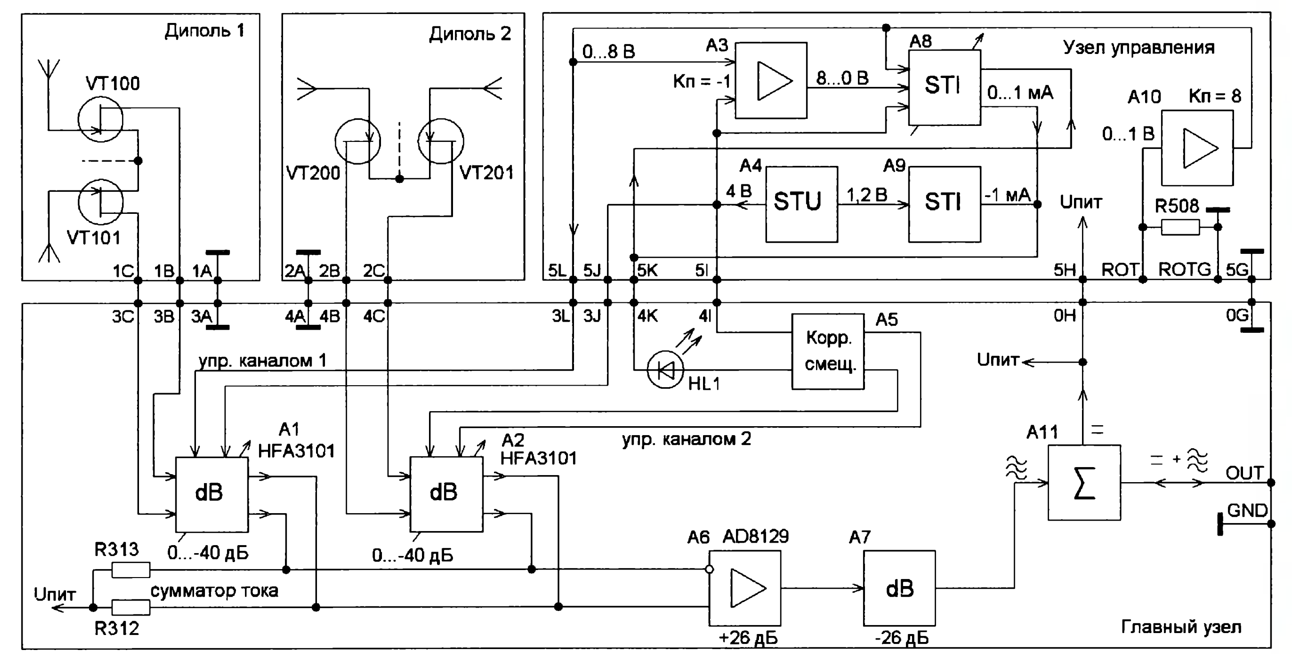


Рис. 12

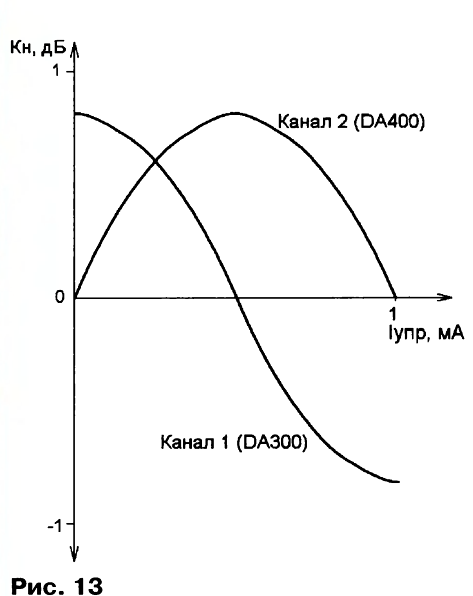


Рис. 13

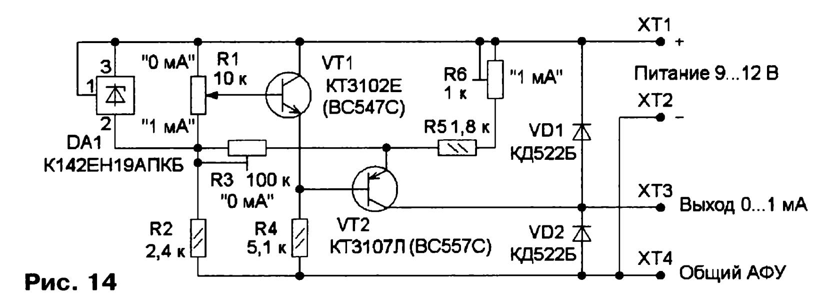


Рис. 14

остро выраженные минимумы в ДН хотелось бы использовать для настройки на источник помех. Чтобы установить дипольную ДН на любой азимут с выраженным минимумом, нужно иметь возможность поворота ДН на 180°, т. е. работать в двух квадрантах. Принцип работы активного кросс-диполя с управляемой ДН поясняет блок-схема на **рис. 12**.

Кросс-диполь рассчитан на питание напряжением 8,5...9,5 В по коаксиальному кабелю, потребляемый ток — около 23 мА. Накрест установленные дипольные АЭ передают сигналы на ДУ в узлах "Диполь 1" и "Диполь 2", здесь разностные напряжения от плеч складываются. ПТ VT100, VT101, VT200, VT201 преобразуют входные напряжения в сигнальные токи. Поэтому стыковку этих ДУ с главным узлом можно реализовать с помощью трёх проводов на каждый канал. Использование ПТ в ДУ обеспечит пониженный уровень шума по сравнению с АД "Швабра".

Последующие регулируемые током аттенюаторы A1 и A2 пропускают сигнальные токи от входных ДУ с затуханием 0...–40 дБ (типично до –50...–60 дБ). При этом затухание в аттенюаторах зависит от тока управления, поступающего с пульта оператора. Эта зависимость показана в нормированном виде на **рис. 13**.

Характеристика, подобная зависимости sin/cos, достигнута тем, что в аттенюаторах применены двойные ДУ (ячейка Гильберта). Изгиб характеристики ДУ имеет логарифмический характер. Отклонение от идеального sin и cos можно довести до 3...5 % при подаче линейного входного сигнала управления. Таким образом, чувствительность системы по полю в максимуме ДН не меняется при изменении направления, легко достигается неравномерность 1 дБ. Если изменять ток по линейному закону, чувствительность системы менялась бы на 3 дБ при повороте ДН.

На выходе аттенюаторов токи суммируются с помощью резисторов R312, R313, и в сумматоре A6 дифференциальный сигнал преобразуется в обычный. В сумматоре ОУ AD8129 работает в идеальном режиме по стабильности и по выходной нагрузке. Затухание выходного аттенюатора A7 (–26 дБ) компенсируется усилением ОУ на 26 дБ. Но главное, что ДУ в диполях имеют крутизну около 13 мА/В, и на их выходе (резисторы R312, R313) получается усиление 4...5. Таким образом, коэффициент шума не ухудшается из-за ОУ AD8129, а определяется исключительно входными ДУ на малошумящих ПТ серии BF862.

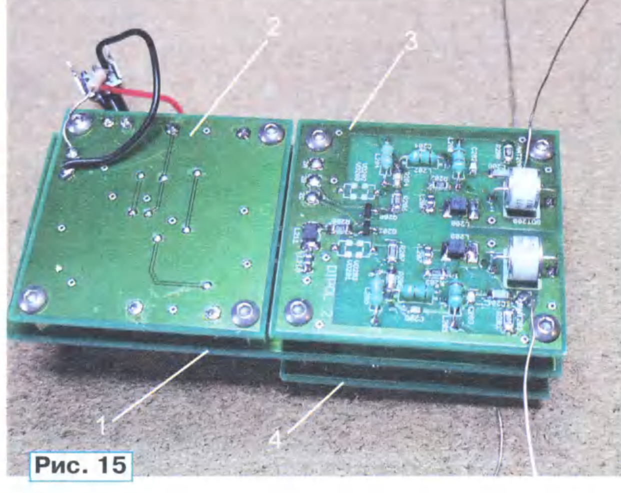


Рис. 15

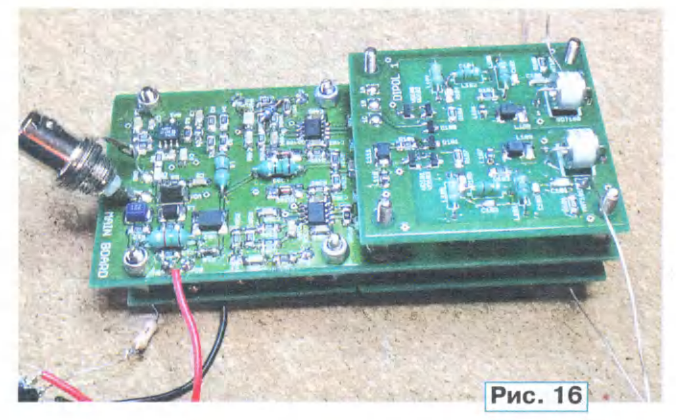


Рис. 16

Управляющий УПТ A10 вырабатывает напряжение управления для аттенюаторов. На контакт ROT поступает токовый сигнал 0...1 мА от пульта оператора через один дополнительный провод. Обратным проводом служит оплётка фидера, поэтому отдельный провод от контакта ROTG может не потребоваться. На выходах УПТ A10 и УПТ A3 формируются два "встречных" сигнала — 0...8 В и 8...0 В соответственно. Образцовое напряжение 4 В на выходе стабилизатора A4 действует как смещённое заземление и потенциал привязки. Сигналом от УПТ A10 напрямую управляется аттенюатор A1 (cos). Немного сложнее образуется сигнал управления для аттенюатора A2 (sin). Когда у аттенюаторов на входах управления будут одинаковые напряжения, достигается затухание –50...–60 дБ по передаче ВЧ-токов от ДУ. Если для аттенюатора A1 это реализовать не сложно, для аттенюатора A2 нужно было предусмотреть узел A5, обеспечивающий коррекцию нулевого смещения, чтобы максимальное затухание образовалось точно на краях интервала управления.

Сигнал 0...1 мА для управления ДН

Управление поворотом ДН осуществляется от пульта оператора токовым сигналом 0...1 мА. Именно токовое управление устраняет проблемы с сопротивлением соединительных проводов. На **рис. 14** показана схема формирователя управляющего тока с хорошей стабильностью на "подручных" компонентах.

Микросхема DA1 стабилизирует напряжение 2,5 В на переменном резисторе R1, здесь на замену подходят любые версии этой известной микросхемы (TL431xx). Транзисторы VT1 и VT2 передают напряжение с движка резис-

тора R1 на резисторы R5 и R6. Коэффициент передачи тока этих транзисторов должен быть не менее 200 при токе коллектора 0,5 мА. Резистором R3 устанавливают нулевой выходной ток в верхнем положении движка резистора R1. Резистором R6 устанавливают выходной ток 1 мА в нижнем положении движка резистора R1. Диоды VD1 и VD2 защищают транзистор VT2 от наводок. Можно ограничить угол вращения движка резистора R1 и тем самым получить на пульте шкалу поворота ДН антенны на полукруг — 0...180°.

Конструкция кросс-диполя

Все элементы устройства смонтированы на четырёх печатных платах, соответствующих рис. 12, это позволит позже адаптировать их для решения других задач. Можно будет даже сделать кроссрамку, изменив входные усилители. Конструкция в сборе показана на **рис. 15** и **рис. 16**. Дипольные проволочные АЭ длиной по 5 см (справа) служили для проведения первых тестов.

Главный блок 1 расположен в середине "пирожка", он содержит управляемые аттенюаторы, сумматор, защиту по питанию, выходной усилитель и выходной аттенюатор. Входные ДУ размещены на отдельных платах 3 и 4, они идентичны. Узел управления собран на плате 2. Виден подключённый переменный резистор для временной упрощённой подачи тока управления, схема его включения показана на **рис. 17**.

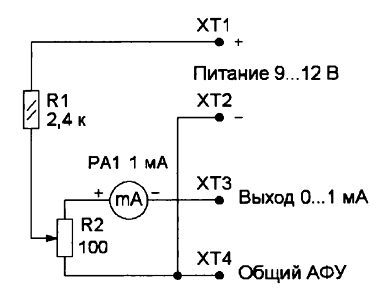


Рис. 17

Схемы узлов кросс-диполя

Схемы диполей показаны на **рис. 18** и **рис. 19**. Они идентичны по схеме, но имеют разную маркировку на платах, т. е. формально это разные платы. Транзисторы на платах обозначены как Qxxx. Входные ДУ во многом похожи на ДУ АД "Швабра".

Отличие состоит в значении тока покоя (по 3 мА) и работе в ДУ с "открытыми стоками" к регулируемому аттенюатору со своим низким импедансом. Поэтому ёмкость сток—затвор транзисторов мало влияет на чувствительность, тут всё почти как в каскаде с истоковым повторителем. Если планируется работать исключительно на КВ-диапазонах, надо заменить дроссели L106—L109 и L206—L209 резисторами сопротивлением 22 кОм. На месте резисторов R104, R105 и R204, R205 для подавления сигналов первой ПЧ в приёмнике можно установить конденсаторы ёмкостью 1...3 пФ.

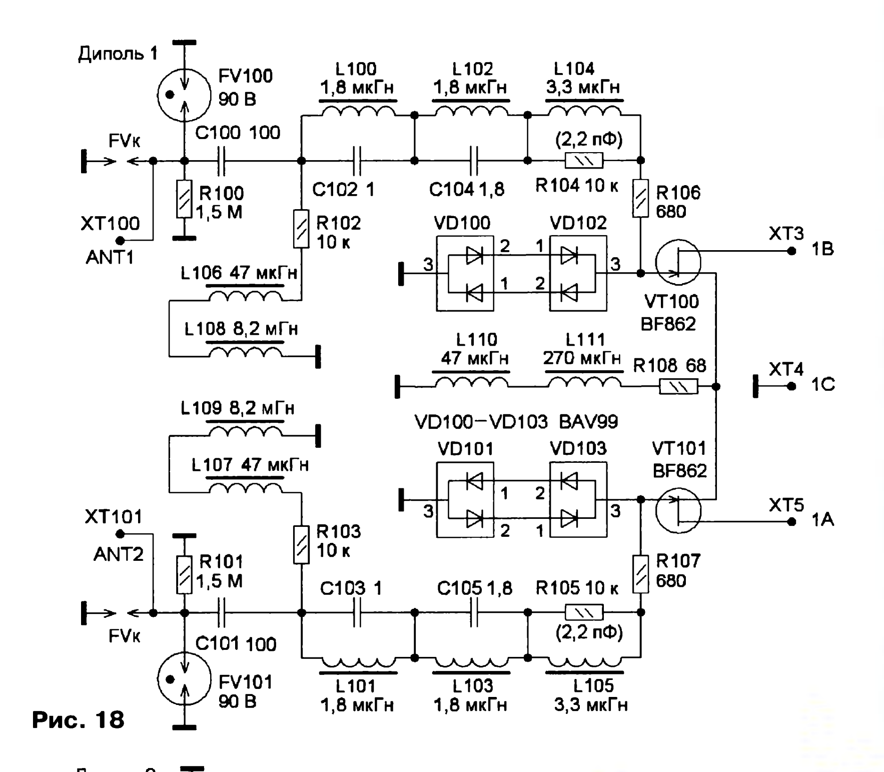


Рис. 18

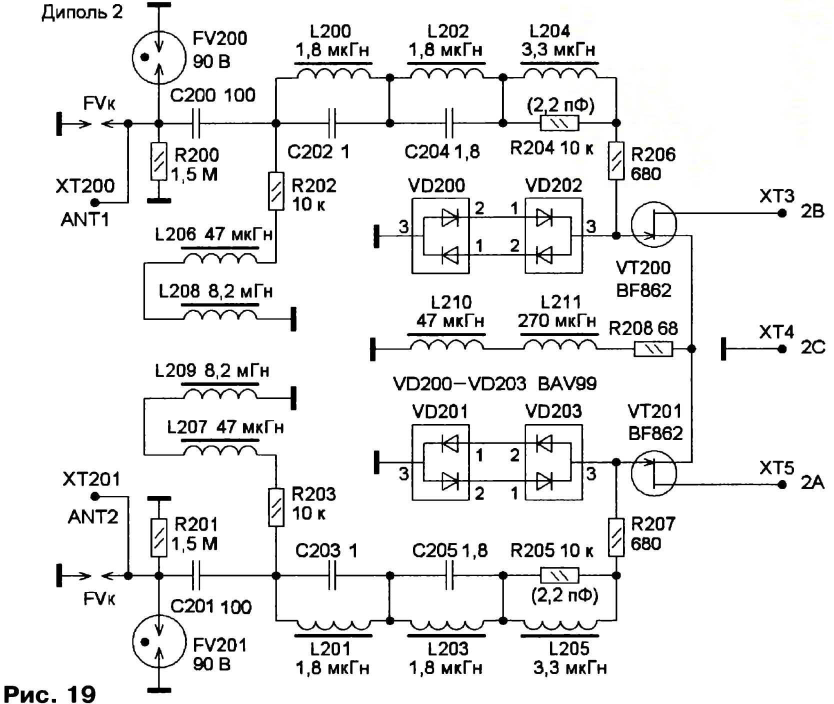


Рис. 19

Схема главного узла показана на **рис. 20**. Управляемые аттенюаторы собраны на микросхемах DA300 и DA400 — это ячейки Гильберта без внутренних элементов смещения. "Нижний этаж" ячейки включён по схеме с ОБ, что обеспечит при стыковке с входными ДУ импеданс около 20 Ом. Аттенюаторы управляются разностью потенциалов на выводах 7 и 8 от этих микросхем. При разности управляющих напряжений ±100 мВ между входами получаем sin/cos-подобную характеристику. С помощью конденсаторов C304 и C404 уменьшается не только шум аттенюатора, а также его интермодуляционные искажения.

"Диполь 1" и "Диполь 2" получают питание через контакты XT1—XT3, XT4—XT6. Светодиод HL1 допускает только одно направление тока, чем исключён переход в ненужные квадранты управления. При нулевом токе через светодиод HL1 возникает ошибка смещения из-за падения напряжения на

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

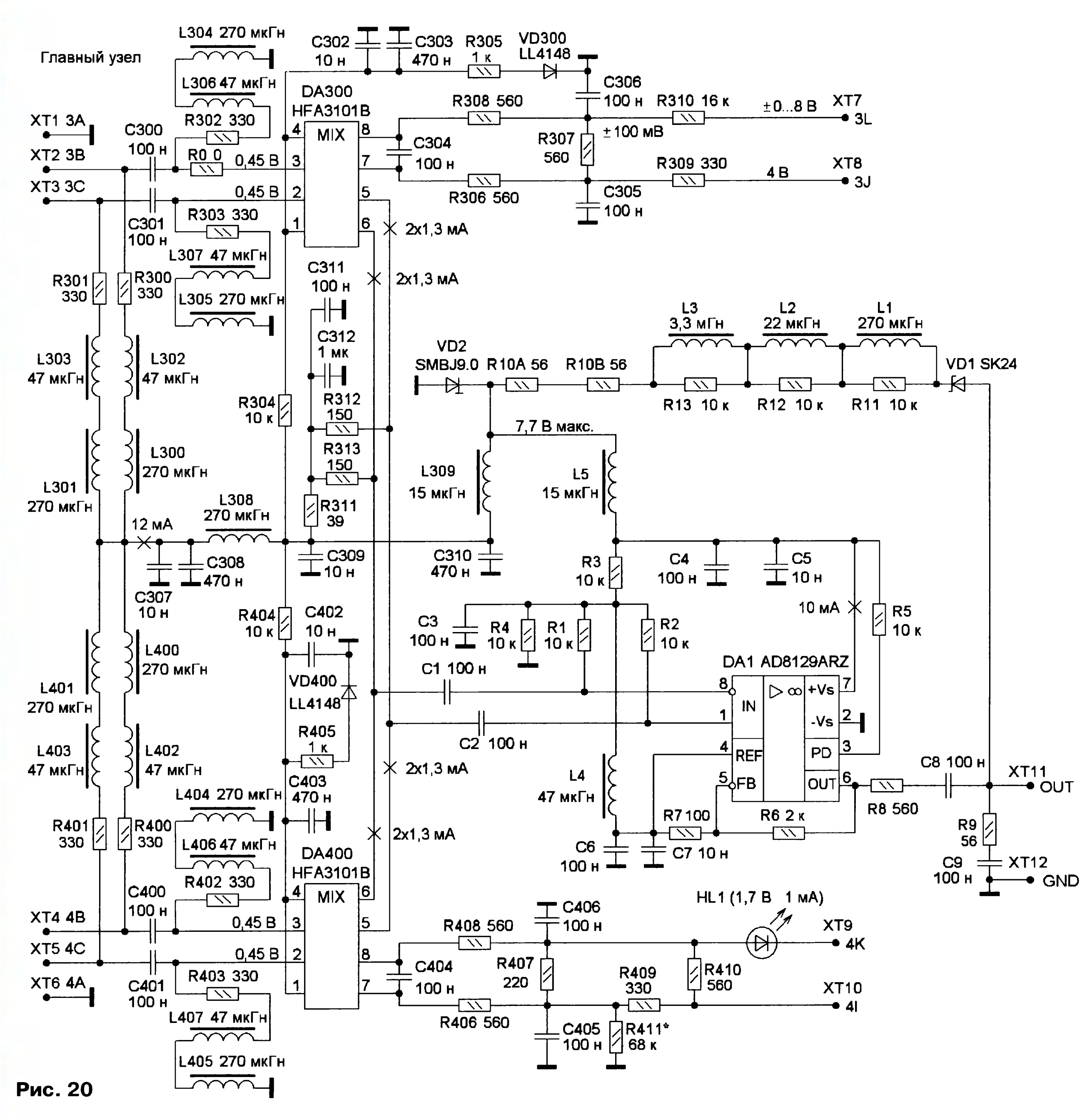


Рис. 20

резисторе R410. Подборкой резистора R411 эта ошибка сводится к нулю. Диоды VD300 и VD400 обеспечивают постоянство токов покоя микросхем DA300 и DA400.

Микросхемы серии HFA3101 могут работать и при токе 8 мА для расширения ДД, но здесь в этом смысла нет, так как ДУ на транзисторах BF862 определяет ДД по входу, а ОУ AD8129 — по выходу и в целом.

Схема узла управления показана на **рис. 21**. Токовый сигнал от пульта оператора, поступающий на контакт XT7 ROT, преобразуется в напряжение, усиливается и преобразуется на выходе ОУ DA500.2 в напряжение 0...8 В. Применение ОУ структуры rail to rail тут принципиально. Образцовое напряжение 1,2 В на микросхеме DA502 преобразуется в 4 В на выходе ОУ DA501.1, а ещё в образцовый ток 1 мА с помощью ОУ DA501.2 и транзистора VT500. Резистор R505-Т — подборный, сопротивлением 10...33 кОм. Генераторы тока на транзисторах VT503, VT502 и резисторах R514, R515 служат для управления аттенюатором на микросхеме DA400.

Монтаж и налаживание

На **рис. 22** показаны два комплекта печатных плат с разных сторон. Платы главного узла (крайние) сделаны трапецеидальной формы, так как многие корпуса имеют фиксирующий слот с изменяющейся шириной вглубь корпуса для фиксации печатной платы. Все блоки можно наладить по отдельности. Входные усилители проверяют с нагрузками в виде резисторов сопротивлением 22 Ом на стоках на совпадение АЧХ и ФЧХ и подавление синфазного сигнала, блокировку временного питания не забыть.

Если узел управления надо проверять отдельно, для этого устанавливают резистор R504 = 1 кОм. На контакте XT1 5K напряжение должно меняться в интервале 4...3...4 В при токе управления 0...−1...0 мА. При стыковке узлов резистор надо R504 замкнуть.

Аттенюаторы проще проверить с помощью двухвитковых рамок диаметром 5 см, установленных на входе, и подать пробный сигнал через такую же рамку. Их резонансы не имеют значения для оценки, если нет перегрузки по сигналу. Для тестирования главного узла нужны сигналы от узла управле-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 21

ния, иначе аттенюаторы не пропустят сигналы.

Соединения между блоками для надёжности делают с помощью пайки. "Пирожок" поместится в пластмассовый корпус G205 (по каталогу "Чип и Дип"), его габаритные размеры — 115×65×55 мм. Провода выводят через отверстие, которое затем надо загерметизировать. Однако в нижней части корпуса надо сделать вентиляционное отверстие диаметром 5 мм и закрыть его сеткой для защиты от насекомых.

Эксперименты и выводы

В 2017 г. US3IRX (в настоящее время — D1IRX) повторил эту конструкцию управляемого кросс-диполя с горизонтальной поляризацией и установил его на крышу (**рис. 23**). Временно подобранный корпус в итоге служит с тех пор пятый год, противостоя всем капризам погоды. Несколько метров далее установлен АД "Швабра" для приёма сигналов вертикальной поляризации.

С помощью кросс-диполя можно оперативно подавлять местные помехи, которые приходят на разных частотах с разным азимутом. Горизонтальный кросс-диполь на частотах более 6 МГц даст в целом более богатый приём, чем вертикальный АД "Швабра". Причина в характере поляризации сигналов, а также в шумовых свойствах усилителей. На частотах менее 5 МГц всегда выиграет вертикальный диполь. На участке 6...8 МГц днём выиграет вертикальный диполь, ночью — горизонтальный при правильном повороте ДН. Планируется перенести кросс-диполь к краю крыши, где было замечено отсутствие мощных помех.



Рис. 23

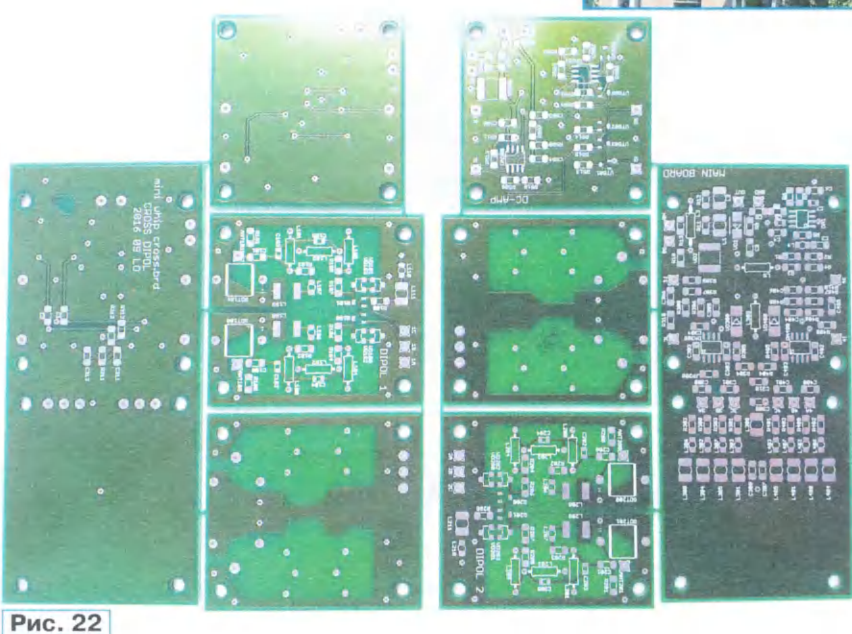


Рис. 22

После внедрения уличного освещения со светодиодными светильниками помехи радиоприёму существенно выросли. Был изготовлен подавитель помех по схеме, приведённой в статье "Прибор для подавления помех приёму и усиления полезного сигнала", размещённой по адресу **http://www.cqham.ru/trx31_12.htm**. Подключались разные АА, оказалось, что лучший эффект получился в комбинации вертикальной АА с горизонтальным кросс-диполем.

Пульт управления (**рис. 24**) позволяет плавно поворачивать ДН либо просто переключать между направлениями. Можно придумать варианты с несколькими переменными резисторами с фиксированной установкой, переключателем на выбор или даже с микроконтроллером и дисплеем.

В настоящее время готовятся тесты кросс-диполя в Псковской области для сверхдальнего приёма в диапазоне СВ в сезоне 2022/2023 гг., исследуются оптимальный выбор поляризации и селекция сигналов по поляризации. То есть в

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



Рис. 24

этом случае изменение ДН сводится к плавному изменению поляризации АД. Кросс-диполь устанавливают как ветряную мельницу, один диполь расположен горизонтально, другой — вертикально. Работа с ДН (поляризацией) не сводится к настройке на максимум, так как он слишком широкий. Куда более эффективной оказывается работа с "нулями" для устранения мешающих сигналов. Ухудшение С/Ш полезного сигнала при этом мало мешает, отчасти не заметно, а помехи можно существенно подавить.

Цифровой кросс-диполь

Если в 2016 г. не было доступных многоканальных SDR, то в 2022 г. ситуация изменилась. К сожалению, изготовители многоканальных SDR пока ещё не предлагают в составе ПО некоторых функций, обеспечивающих проведение некоторых математических операций между каналами, как это уже давно практикуется в цифровых осциллографах. Даже элементарное широкополосное сложение и вычитание с коэффициентом 0...1 заменило бы затратную схему предложенного кросс-диполя 2016 г. Такой кросс-диполь состоял бы из двух АУ для двух диполей и двух кабелей снижения. Важное условие — строго синхронная работа АЦП обоих каналов. В таком ПО должны присутствовать "колесо" для "поворота" антенны, калибровка на север, упрощённое изображение карты мира в полярных координатах. Можно даже подумать о совместной работе через Интернет двух разнесённых SDR-станций для дальней пеленгации.

В составе web-SDR с платформой на несколько пользователей можно также предложить меню индивидуального управления кросс-диполем. Если это осуществить в рамках выбранной полосы приёма, это не займёт много вычислительных ресурсов, и каждый абонент может крутить ДН на выбранной частоте с выбранной полосой в нужном ему направлении. Это точно не сделать с механическим поворотным механизмом, да ещё на диапазоне 80 метров, а ещё для разных пользователей одновременно в разных направлениях.

Заключение

Рассмотренные в этот раз АД были разработаны для изучения требований к схемотехнике и способов применения. Несмотря на достигнутые результаты и затратные схемные решения, они остаются в простой категории по устойчивости к мощным воздействиям. В следующем и пока последнем разделе приводятся три схемы АД, которые были в 2019—2022 гг. разработаны уже в соответствии с требованиями реальной эксплуатации. В них исключены лишние "запасы" для универсальности и доведены до предела сильные качества. Концепция аналогового кросс-диполя не была продолжена, так как в цифровом виде кросс-диполь в разы полезнее и можно применить крайне линейные АД в отдельности.

***От редакции**. Чертежи печатных плат и дополнительные материалы находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/11/AA-8.zip** на нашем FTP-сервере.*

(Окончание следует)

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ШЕПТУХИН (R5GF), г. Липецк

РОССИЯ

АЛТАЙСКИЙ КРАЙ. С 7 августа 2022 г. в Алейске на частоте 101,8 МГц зазвучала первая танцевальная станция города — A RADIO (источник — URL: **https://vk.com/aradio22** (21.09.22)).

ИРКУТСКАЯ ОБЛ. В Братске на частоте 106,8 МГЦ зазвучало "Радио Искатель".

КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. 1 сентября в Калининграде началось вещание новой УКВ-станции "Первое интернациональное радио" ("ПИ FM"). Трансляция ведётся на частоте 98,1 МГц. Мощность передатчика — 0,5 кВт. Услышать станцию в эфире могут почти 750 тыс. человек, живущих в Калининградской области. В эфире "ПИ FM" звучат преимущественно русскоязычные музыкальные хиты и познавательные передачи с новостями со всего мира (источник — URL: **https://kaliningrad.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radiostantsii-pi-fm-v-kaliningrade/** (21.09.22)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. "Краснодарский передающий центр" 8 сентября 2022 г. в Новороссийске начал круглосуточную трансляцию программы "Вести ФМ" на частоте 96,8 МГц в режиме стерео. Передающая антенна расположена на высоте 373 м над уровнем моря. Передатчик мощностью 1 кВт охватывает сигналом более 265 тыс. жителей региона (источник — URL: **https://krasnodar.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radiostantsii-vesti-fm-v-novorossiyske/** (21.09.22)).

КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ. 15 августа 2022 г. "Первое интернациональное радио" начало вещание на частоте 93,1 МГц в г. Красноярске. Город становится вторым эфирным городом-миллионником в семье "ПИ FM". Для жителей огромного Красноярского края это не совсем новая станция. "ПИ FM" с августа 2018 г. вещает в г. Минусинске. Вещание идёт с объекта связи Красноярского краевого радиотелевизионного передающего центра, так называемой "новой вышки". Это позволит охватить вещанием не только столицу края, но и близлежащие населённые пункты. По подсчётам филиала РТРС, это более 1,279 млн человек. "Радио ПИ FM — Красноярск" войдёт в состав красноярского филиала холдинга "МКР-Медиа" **<https://www.mkrmedia.ru/?ysclid=l6qg7315ku219972637#4>**, среди активов которого "Сибирское агентство новостей" **<https://krsk.sibnovosti.ru/>**, сеть "Дорожное радио — Красноярский край", "Радио Сибирь — Красноярск" и "Радио МИР — Красноярск".

14 сентября филиал РТРС Красноярский КРТПЦ начал УКВ-трансляцию "Радио Маяк" в Ачинске на частоте 90,8 МГц. Передатчик мощностью 1 кВт охватывает сигналом 161 тыс. жителей Ачинска (источник — URL: **https://krasnoyarsk.rtrs.ru/tv/analog/14-sentyabrya-filial-rtrs-krasnoyarskiy-krtpts-nachal-translyatsiyu-analogovogo-efirnogo-veshchaniya/** (21.09.22)).

КИРОВСКАЯ ОБЛ. На частоте 101 МГц в г. Кирове с 15 августа 2022 г. возобновилось полноценное вещание радиостанции "Киров Град". Оно, как и ранее, будет длиться 18 ч в день — с 3 часов до 21 часа с региональными вставками в утреннее, дневное и вечернее время. Сохранилось прежнее название и разговорный формат вещания, но начнётся сотрудничество с другим сетевым партнёром — радиоканалом Sputnik. Обсуждение острых проблем города и области, плюрализм мнений, экспертные оценки, предоставление площадки для высказывания позиции, в том числе слушателям, — всё это остаётся в редакционной политике радиостанции. В эфире также будут звучать знакомые аналитические программы "Дневной разворот" и "Особое мнение", передачи для бизнесменов, интересующихся наукой, культурой и спортом, актуальные новости (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__83877/** (21.09.22)).

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ и **ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ.** 2 сентября 2022 г. филиал РТРС "Санкт-Петербургский РЦ" восстановил трансляцию "Радио Мария" в Санкт-Петербурге на частоте 105,3 МГц, в Выборге — на частоте 92,6 МГц. Временная приостановка трансляции до 2 сентября была основана на решении заказчика (источник — URL: **https://spb.rtrs.ru/tv/analog/translyatsiya-radio-mariya-v-sankt-peterburge-i-vyborge-vosstanovlena/** (21.09.22)).

С 6 сентября 2022 г. радиостанция "Ретро FM" перезапустилась в Выборге на частоте 95,6 МГц. Вещание ведётся в стереорежиме + RDS. Сейчас станция работает с объекта в посёлке Соколинское (источник — URL: **https://vk.com/wall-67314840_4489** (21.09.22)).

МОСКВА и **МОСКОВСКАЯ ОБЛ.** Спустя семь месяцев с момента переезда на Останкинскую телебашню на московской частоте "Нашего радио" (101,7 МГц) вновь заработал режим RDS. Таким образом, RDS теперь имеется на всех вещающих на Москву радиостанциях УКВ-диапазона.

3 сентября 2022 г. в 3:00 часа на частоте 71,3 МГц произведено единоразовое включение эфира "ПИ FM". Радиостанцию можно было слушать на этой частоте вплоть до 20:59 этого дня. Последний раз она выходила в эфир 23 февраля 2022 г. Вещание — с Останкино, мощность передатчика — 1 кВт в стереорежиме.

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. 1 августа 2022 г. филиал РТРС "Нижегородский ОРТПЦ" начал УКВ-трансляцию "Радио России" на радиотелевизионной станции (РТС) "Виля" (городской округ Выкса) на частоте 94,8 МГц. Вещание осуществляется ежедневно с 05:00 до 01:00 (МСК). В сетке программ предусмотрены региональные блоки ГТРК "Нижний Новгород". Запуск УКВ-передатчика на РТС "Виля" завершил региональный этап совместной масштабной программы ВГТРК и РТРС по созданию новой сети вещания радиостанций " Радио России", "Маяк" и "Вести FM". В рамках программы произошла замена УКВ-передатчиков, а также в регионе появились новые пункты трансляции. Технологической базой развития радиовещания в Нижегородской области стала сеть радиотелевизионных станций, созданная РТРС для трансляции цифрового эфирного телевидения. Именно на эти объекты связисты Нижегородского филиала РТРС установили новое радиопередающее оборудование. В общей сложности "Радио России" в регионе транслируют 11 УКВ-передатчиков с охватом более 75 % жителей региона. Радио "Маяк" и "Вести FM" вещают в Нижнем Новгороде и Арзамасе, обеспечивая сигналом более 60 % населения области (источник — URL: **https://vk.com/wall-3715685_1618?lang=en** (21.09.22)).

НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛ. 25 августа 2022 г. филиал РТРС "Сибирский РЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио России" со вставками региональных программ ГТРК "Новосибирск" в Искитиме и Сокуре. Радиовещание организовано с использованием современных передатчиков УКВ-диапазона "Микротек-TF500" мощностью 0,5 кВт. Трансляция "Радио России" ведётся на частоте 87,5 МГц в г. Искитиме и на частоте 89,6 МГц — в Сокуре Мошковского района. С их вводом "Сибирский региональный центр РТРС" завершил строительство сети радиовещания в УКВ-диапазоне. Установка радиовещательных передатчиков нового поколения проводилась в рамках совместных мероприятий ВГТРК и РТРС по программе: "План модернизации сетей аналогового эфирного вещания радиоканалов "Радио России", "Маяк", "Вести ФМ". В Новосибирской области филиал РТРС создал сеть из 59 передающих радиовещательных станций. Радиостанция "Радио России" с региональными врезками студии ГТРК "Новосибирск" стала доступной для 1369 населённых пунктов Новосибирской области с населением более 2,7 млн человек.

Это событие с уверенностью можно считать своеобразным подарком РТРС к 85-летию Новосибирской области, которое отметили в этом году (источник — URL: **https://novosibirsk.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-zavershil-stroitelstvo-seti-radioveshchaniya-radio-rossii-v-novosibirskoy-oblasti/** (21.09.22)).

ПЕРМСКИЙ КРАЙ. 24 августа 2022 г. в г. Нытва запустили передатчик радиостанции "Соль FM". Сигнал можно принимать на частоте 97,1 МГц в г. Нытва и близлежащих населённых пунктах (источник — URL: **https://vk.com/wall-124518429_307494** (21.09.22)).

РОСТОВСКАЯ ОБЛ. 10 августа 2022 г., в преддверии 21-го дня рождения РТРС, филиал РТРС "Ростовский ОРТПЦ" начал УКВ-трансляцию радиостанций "Радио Маяк" и "Вести ФМ" в Таганроге. Передачи "Маяка" транслируются на частоте 99,9 МГц, "Вести ФМ" — на частоте 98,9 МГц. Передатчики мощностью 1 кВт охватывают сигналом 250 тыс. жителей Таганрога и Неклиновского района Ростовской области. Высота подвеса антенны на передающей станции Таганрога — 80 м (источник — URL: **https://rostov.rtrs.ru/tv/analog/rostovskiy-filial-rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-mayak-i-vesti-fm-v-taganroge/** (21.09.22)).

РЕСПУБЛИКА МАРИЙ ЭЛ. На данный момент в Йошкар-Оле вещают 15 радиостанций:

— "Вести ФМ" — на частоте 90,9 МГц;
— "Радио Дача" — на частоте 91,3 МГц;
— "Дорожное радио" — на частоте 101,1 МГц;
— "Новое радио" — на частоте 101,8 МГц;
— "Русское радио" — на частоте 102,2 МГц;
— "Маяк" — на частоте 102,7 МГц;
— "Радио Звезда" — на частоте 103,2 МГц;
— "Пульс-Радио" — на частоте 103,8 МГц;
— "Европа Плюс" — на частоте 104,5 МГц;
— "Авторадио" — на частоте 105,1 МГц;
— "Радио Марий Эл" — на частоте 105,5 МГц;
— "Радио России" — на частоте 106 МГц;
— "Ретро FM" — на частоте 106,5 МГц;
— "МЭТР FM" — на частоте 107,2 МГц;
— "Love Радио" — на частоте 107,6 МГц

(источник — URL: **https://vk.com/wall-52064362_93515** (21.09.22)).

СМОЛЕНСКАЯ ОБЛ. 16 августа 2022 г. филиал РТРС "Смоленский ОРТПЦ" запустил трансляцию радиостанций "Радио России", "Вести ФМ", "Маяк" в УКВ-диапазоне в г. Смоленске. Частота вещания "Радио России" — 105,2 МГц, "Вести ФМ" — 101,5 МГц, "Маяк" — 93 МГц. Главный инженер Смоленского ОРТПЦ Герман Фукалов сообщил: "Радиостанции в УКВ-диапазоне станут доступны около 380 тыс. жителей г. Смоленска и Смоленского района. Мощность каждого из трёх вводимых в эксплуатацию передатчиков — 1 кВт, высота подвеса передающей антенны — 173 м". Директор Смоленского ОРТПЦ Ирина Купченко подытожила: "Переход на трансляцию радиостанций "Радио России", "Вести ФМ", "Маяк" в УКВ-диапазоне в г. Смоленске станет завершающим этапом в выполнении программы модернизации сетей вещания ВГТРК в нашей области. В соответствии с этой программой филиал РТРС "Смоленский ОРТПЦ" в 2020—2022 гг. ввёл в эксплуатацию радиовещательные передатчики, осуществляющие трансляцию "Радио России" в УКВ-диапазоне в населённых пунктах Патики, Угра, Селеево, Рославль, Акатово. Программа модернизации сетей вещания ВГТРК в нашей области выполнена на 100 % (источник — URL: **https://its.admin-smolensk.ru/novosti-i-meropriyatiya/news/rtrs-nachinaet-translyaciyu-radiostancij-radio-rossii-vesti-fm-mayak-v-fm-diapazone-v-gorode-smolenske/** (21.09.22)).

ТУЛЬСКАЯ ОБЛ. Новая радиостанция Monte Carlo начала работать в Туле с 1 сентября 2022 г. на частоте 106,4 МГц (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__83864/** (21.09.22)).

УЛЬЯНОВСКАЯ ОБЛ. В г. Инза в эфире на частоте 87,8 МГц появилось "Радио Искатель" (источник — URL: **https://vk.com/wall-90495469_14127** (21.09.22)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

ИТАЛИЯ. Телерадиокомпания RAI произвела запланированное отключение средневолнового радиовещания с 11 сентября 2022 г. Это решение также предусматривает отключение средневолнового передатчика Radio Trieste A, которое транслирует радиопрограммы для словенского национального сообщества в Италии, а также для Кампальто, откуда поступает сигнал радиопрограммы RAI FVG L'Ora della Venezia Giulia. Об этом заявил президент Итальянского союза Маурицио Тремул от имени организации, представляющей всю итальянскую национальную общину в Хорватии и Словении. Радиопередачи будут переведены на веб-платформы.

Тремул сообщил, что в последние дни он обращался к министру иностранных дел Луиджи Ди Майо и заместителю госсекретаря Бенедетто Делла Ведова, а также к заместителю председателя Совета министров, департаменту информации Джузеппе Молесу, консульствам и губернатору Фриули-Венеции-Джулии Массимилиано Федрига, чтобы "выразить озабоченность итальянцев Истрии, Кварнера и Далмации". Эффект объявленного прекращения средневолнового радиовещания в Италии на словенское меньшинство и усилия по поиску решения были в центре внимания встречи между министром по делам словенцев за рубежом Матеем Арчоном и послом Италии в Словении Карло Кампаниле в Любляне в пятницу (источник — URL: **https://swling.ru/2022/09/12/otkljuchenie-srednevolnovogo-veshhanija-rai-vyzyvaet-obespokoennost/** (21.09.22)).

РУМЫНИЯ. В начале сентября 2022 г. восстановлено полноценное вещание "Интер Радио Румыния" на русском языке на всех заявленных ранее частотах вещания в летнем сезоне.

УКРАИНА. Жителям Херсона стало доступно прослушивание радио Sputnik на частоте 88,1 МГц, сообщила главный редактор МИА "Россия сегодня" и телеканала RT Маргарита Симоньян в телеграм-канале. В ходе спецоперации российские военные взяли под контроль Херсонскую область и приазовскую часть Запорожской области, заняв такие крупные города, как Херсон, Мелитополь и Бердянск, и отрезав Украину от Азовского моря. В обоих регионах сформированы новые администрации, идёт вещание российских телеканалов и радиостанций, восстанавливаются торговые и транспортные связи с Крымом. Регионы также объявили о планах войти в состав России (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__83936/** (21.09.22)).

Хорошего приёма и 73!

Модернизация УМЗЧ на лампах 6С33С

Д. ПАНКРАТЬЕВ, И. ПАНКРАТЬЕВ, г. Ташкент, Узбекистан

Стереофонический УМЗЧ на лампах 6С33С [1] обладает некоторыми особенностями, среди которых наиболее существенными являются:

— однотактный выходной каскад в режиме А (SE);

— бестрансформаторное питание от сети переменного тока 230 В;

— применение типовых трансформаторов ТН-46 в качестве звуковых трансформаторов для АС с номинальным сопротивлением нагрузки 4 Ом;

— отсутствие местных и общей ООС по напряжению;

— использование генератора тока в цепи катода лампы выходного каскада и динамической нагрузки в каскаде предварительного усиления.

При этом он имеет сравнительно небольшую для ламп этого класса выходную мощность (5 Вт на канал), что обусловлено выбором рабочей точки при бестрансформаторном питании. Несложная модернизация этого усилителя без значительных схемотехнических изменений позволяет существенно улучшить ряд его параметров:

Номинальная выходная мощность на частоте 1 кГц, Вт 15
Коэффициент нелинейных искажений (КНИ) при номинальной выходной мощности на частоте 1 кГц, % 7,5
Максимальная выходная мощность на частоте 1 кГц при КНИ = 10 %, Вт 20
КНИ при выходной мощности 5 Вт на частоте 1 кГц, %, не более 5
Номинальное сопротивление нагрузки, Ом 4
Выходное сопротивление, Ом 0,6

Остальные основные параметры УМЗЧ остаются без изменений. Трёхкратного повышения выходной мощности при общем улучшении линейности удалось добиться изменением рабочей точки выходных ламп. Значение тока анода повышено примерно вдвое, теперь оно составляет 0,3...0,35 А при напряжении анод—катод 160 В. Оптимальное по КНИ сопротивление анодной нагрузки в этом режиме составляет около 380 Ом, что незначительно превышает внутреннее сопротивление лампы (330 Ом). Это должно сопровождаться изменением коэффициента трансформации звукового трансформатора Т1. Поскольку лампа 6С33С является регулирующей и изначально не предназначенной для работы в УМЗЧ, к ней неприменима общая рекомендация для "звуковых" триодов по выбору анодного сопротивления нагрузки, что явно показывает анализ семейства ВАХ, заметно уплотняющихся справа [2].

Доработка УМЗЧ сводится к изменению схемы блока питания, подборке двух резисторов и изменению схемы включения обмоток звукового трансформатора. Схема нового варианта БП показана на **рис. 1**. Нумерация элементов повторяет нумерацию оригинальной схемы в [1]. Вновь вводимый резистор Rп уменьшает напряжение питания выходных каскадов до необходимого значения. Питание драйвера осуществляется непосредственно от конденсатора С11 через электронный дроссель на транзисторе VT2. Предварительно надо удалить проводник, ведущий от точки соединения стока VT2 и резистора R14 к линии питания анодов ламп выходного каскада. Сопротивление резистора R16 обоих каналов уменьшают до 22 Ом. При этом их мощность целесообразно увеличить до 5 Вт. Поскольку после доработки напряжение на конденсаторе С13 уменьшится, потребуется подобрать и резистор R20 в узле ограничения тока зарядки. Сопротивление этого резистора увеличивают до 12...15 кОм, чтобы реле К1 срабатывало при напряжении 100...120 В на конденсаторе С13.

Коммутация вторичных обмоток выходных трансформаторов выполняется следующим образом: попарно соединяются выводы 8 и 9, 10 и 11, 12 и 14, выходной сигнал снимается с выводов 7 и 15. Других изменений в схеме УМЗЧ делать не требуется.

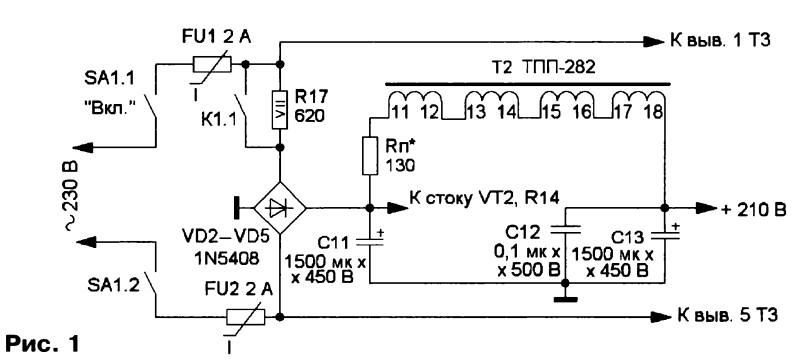


Рис. 1

На **рис. 2—рис. 4** показан спектр выходного сигнала при выходной мощности 5, 15 и 20 Вт соответственно. При выходной мощности меньше номинальной в спектре присутствует только наиболее "благозвучная" вторая гармоника. При номинальной мощности присут-

ствует третья гармоника с уровнем не более 0,7 %.

Налаживание усилителя после доработки сводится к поочерёдному подбору сопротивлений резисторов R16 обоих каналов и резистора $R_п$. Первые подбирают индивидуально по значению тока катода в интервале 0,3...0,35 А, а резистор $R_п$ — по напряжению анод—катод 160 В ±10 % (допустимое минимальное значение — 140 В). Напряжение на катодах выходных ламп при этом должно быть 40...50 В. Следует помнить, что установившиеся значения параметров измеряются не ранее чем через 10 мин после включения.

При эксплуатации этого УМЗЧ следует учесть, что мощность, рассеиваемая на каждой лампе, увеличивается с 30 Вт примерно до 50 Вт, что не превышает максимально допустимого значения. В данном режиме КПД усилителя повышается вдвое. Рассеиваемая на транзисторе VT3 мощность будет около 15 Вт, т. е. практически не изменится за счёт уменьшения напряжения коллектор—эмиттер, равного напряжению смещения выходной лампы. Кроме того, неявным преимуществом доработки становится также то, что снижение этого напряжения позволяет расширить номенклатуру транзисторов, которые можно применить в генераторах тока. К общей теплоотдаче УМЗЧ добавляется, естественно, мощность, рассеиваемая на резисторе $R_п$ (60...70 Вт).

Детали и конструкция. Резисторы R16 — керамические проволочные цементные серий CR-L, SQP, PRW мощностью 5 Вт. Резистор $R_п$ составлен из четырёх параллельно включённых резисторов того же типа сопротивлением 510 Ом и мощностью 25 ВТ или 30 Вт. Этот резистор можно набрать в ходе налаживания из резисторов указанных типов любым другим способом для получения необходимого сопротивления и общей допустимой рассеиваемой мощности не менее 100 Вт. Эти резисторы открыто монтируют на свободном месте основания усилителя возле трансформатора Т2. Рекомендуется вертикальное или стоечное размещение для создания наилучших условий охлаждения. При этом необходимо обеспечить надлежащую электрическую изоляцию выводов резистора. Все соединения проводят проводом МГТФ-0,35.

После проведённой доработки на месте транзистора VT3, помимо указанного ранее в статье типа, можно использовать и другие, например, КТ850, 2SC4382 в корпусах ТО-220 или КТ8101, 2SC5200 в корпусах ТО-264.

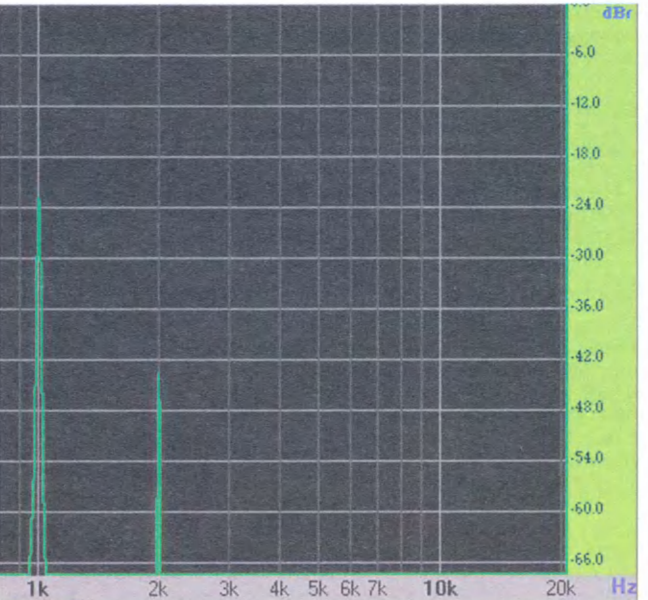


Рис. 2

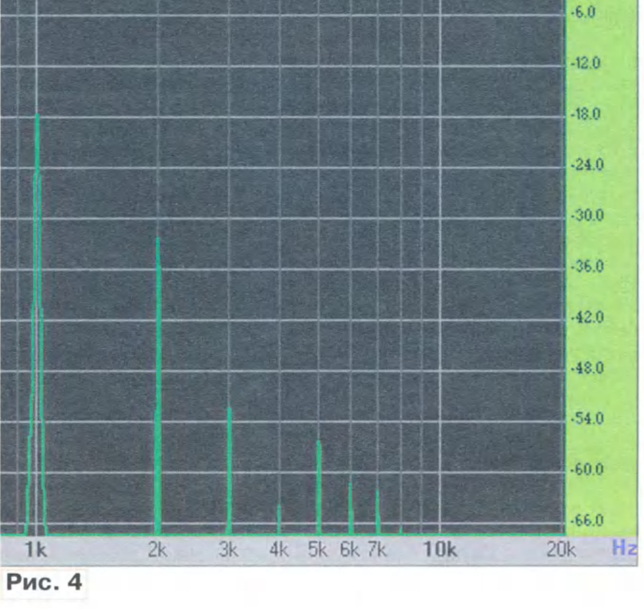


Рис. 4

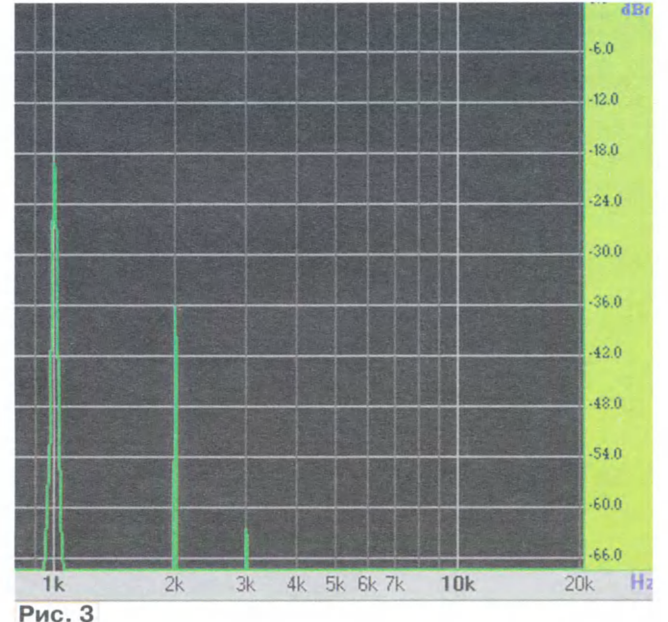


Рис. 3

ЛИТЕРАТУРА

1. **Панкратьев Д.** Стереофонический УМЗЧ на лампах 6С33С. — Радио, 2021, № 6, с. 22—25; № 7, с. 9—18.

2. Триод 6С33С. — URL: **https://eandc.ru/pdf/lampa/6s33s.pdf** (06.09.22).

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Ремонт осциллографа С1-76

Э. МАМЕДОВ, г. Баку, Азербайджан

В статье речь идёт о восстановлении высоковольтного (ВВ) блока осциллографа С1-76 и снижении уровня помех. Этот прибор, несмотря на относительно узкую полосу пропускания — по паспорту 1 МГц, но реально в пределах 2,5 МГц (кроме самого чувствительного предела, на котором полоса около 300 кГц), является весьма интересным. Этот осциллограф имеет высокую чувствительность — минимальный коэффициент отклонения 200 мкВ/см, но в то же время и довольно большой максимальный коэффициент — 20 В/см.

Необычным для узкополосных приборов является и применение электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) с высоким напряжением +8 кВ, что обеспечивает высокую яркость изображения. ЭЛТ имеет длительное время послесвечения, удобное для исследования медленных процессов. Подсветка луча во время прямого хода осуществляется управлением по цепи модулятора ЭЛТ, как это делается в высокочастотных осциллографах. Обычно же в НЧ-приборах луч во время обратного хода уводится в нерабочую область с помощью бланкирующих пластин.

Также необычными для низкочастотных приборов являются и удобная растяжка развёртки в десять раз (обычно в НЧ-приборах ограничиваются пятикратным растяжением), и возможность однократного запуска развёртки. Разъёмы входов внешней синхронизации и выхода калибратора — коаксиальные (для калибратора не во всех модификациях). Обычно же в НЧ-приборах для этих разъёмов используют стандартные гнёзда.

Внутреннее устройство прибора радует качеством сборки и основательным экранированием узлов. Инструкция и схемы к осциллографу были найдены в Интернете и приложены к статье [1]. Качество схем — не очень высокое, есть повреждения, но работать можно. К статье приложены два варианта инструкции — 1986 г. и 1979 г. и два варианта схем.

К сожалению, техническое описание 1986 г. не вполне соответствует схемам (были найдены только два немного отличающихся между собой варианта схем), которые, очевидно, от более ранних версий прибора. В частности, в найденных схемах отсутствует блок задержки (У8) и отличается схема калибратора.

В мои руки попали два неисправных прибора, примерно 1979 г. и 1982 г. выпусков. В обоих приборах оказались неисправными высоковольтные блоки. Схема блока приведена на **рис. 1** (в заводской схеме есть ошибка, транзистор Т1 обозначен как Т2, на рисунке это исправлено). Ремонт был начат с прибора 1979 г. выпуска.

Основа блока — генератор на одном транзисторе Т2 с индуктивной положительной обратной связью на частоту около 20 кГц. Форма колебаний близка к синусоидальной (может наблюдаться ограничение снизу при насыщении транзистора). Похожие по схеме генераторы применяются также и в других осциллографах, например, С1-64, С1-65, С1-79, С1-99.

Выходное напряжение −1600 В получается с помощью однополупериодного выпрямителя на диоде Д (блок У5-3), а +8 кВ формируется умножителем с упятерением напряжения на диодах Д1—Д5 (блок У5-2) и конденсаторах С1—С5 (У5-2). Для стабилизации высокого выходного напряжения генератор питается от стабилизатора. Выходное напряжение стабилизатора зависит от напряжения −1600 В, которое через резистивный делитель R2—R5 (У5-3), R4—R6 (У5-1) поступает на усилитель рассогласования стабилизатора напряжения, транзистор Т3 (У5-1).

Первичная проверка показала отсутствие высокого напряжения при наличии напряжения питания генератора. Подключение другого осциллографа к коллектору транзистора Т2 выявило отсутствие какой-либо генерации. Кроме того, оказался "потёкшим" компаунд умножителя и выпрямителя −1600 В. Липкая масса буквально залила ВВ-блок и частично попала на узлы прибора. Было принято решение демонтировать ВВ-блок и ремонтировать его отдельно от осциллографа.

ВВ-блок в этом приборе оформлен в виде функционально законченного модуля. На его шасси дополнительно закреплён и так называемый блок делителя, в нём находятся высоковольтный делитель отрицательного напряжения −1600 В и узел демодулятора для подсветки луча во время прямого хода, компаунд которого тоже "потёк". Блок делителя и изоляционную стойку около него следует просто отвинтить, провода от него отпаивать не надо. Для снятия же самого ВВ-блока следует отпаять

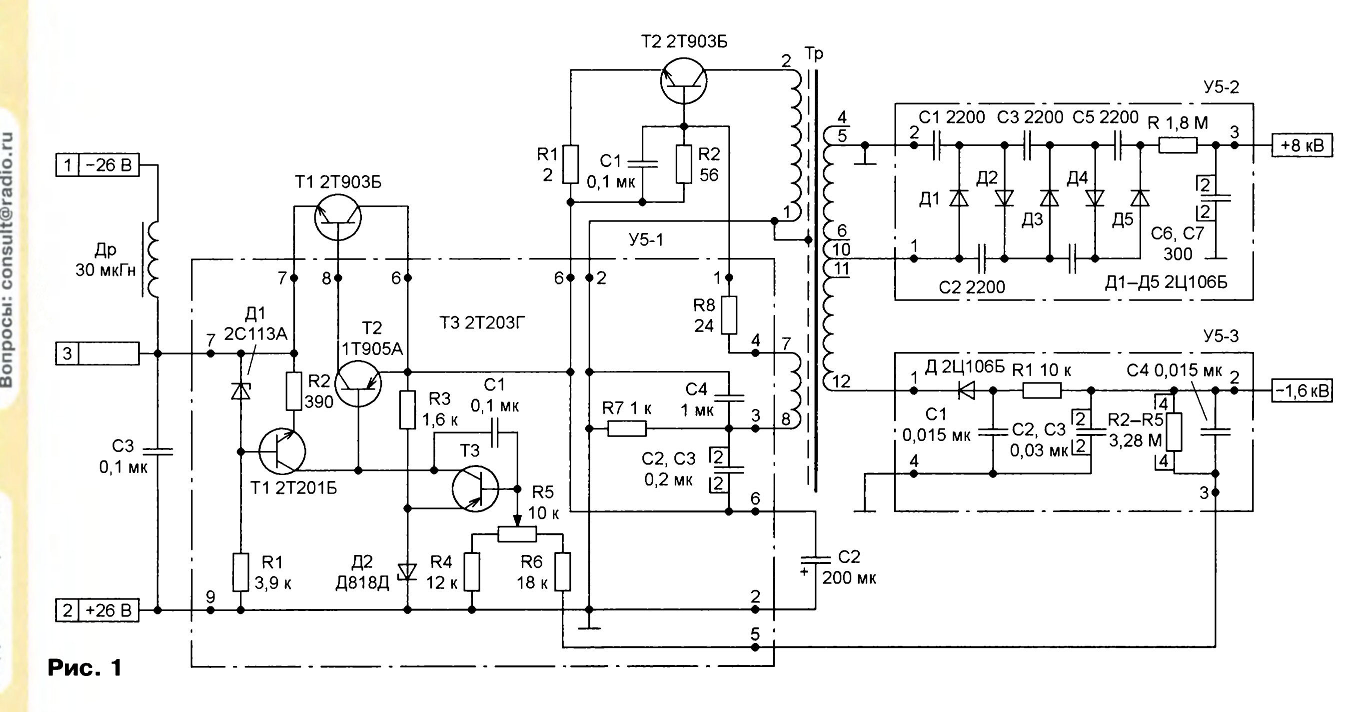


Рис. 1

все провода и отключить высоковольтную присоску от ЭЛТ. Последнее оказалось неожиданно сложным, поскольку присоска расположена очень близко к шасси, и для безопасного её снятия пришлось временно отвинтить боковую несущую планку корпуса. Снимать и одевать присоску удобно с помощью плоской отвёртки с пропиленным в середине лезвия вырезом [2].

Итак, блок снят. Дальнейший ремонт был осложнён залившей весь монтаж блока липкой массой, вытекшей из умножителя и выпрямителя. ВВ-блок был полностью размонтирован. Блоки умножителя и выпрямителя −1600 В были временно отпаяны, а для предотвращения дальнейшего вытекания компаунда я обмотал их фторопластовой лентой, а поверх неё — липкой лентой. То же было проделано и с блоком делителя. Заводской монтаж проводов был удалён полностью, поскольку провода основательно "залило". Печатная плата, теплоотвод транзисторов и экранирующий кожух ВВ-трансформатора были выдержаны в растворителе 646 в течение двух суток. Это удалило липкую массу, но частично повредилась чёрная краска теплоотвода, экранирующего кожуха трансформатора и зелёная краска на конденсаторах С1—С3 (У5-1). Сам же корпус блока был частично очищен механически и оклеен липкой лентой. Разумеется, его тоже можно было отмочить в растворителе.

Сразу были проверены мощные транзисторы, и неисправным оказался генераторный транзистор Т2. Для удобства ремонта был собран макет генератора, причём испытывались разные транзисторы — КТ809А, КТ908Б, КТ903Б (штатный вариант).

Отмечу, что в применении именно ВЧ-транзистора в генераторе (2Т903Б) нет никакой необходимости. Можно применять низкочастотные кремниевые, подходящие по току (не менее 3 А) и напряжению (не менее 60 В).

После пробной подачи питания от регулируемого БП (входной стабилизатор блока не использовался) появилась практически синусоидальная генерация (выпрямители и умножитель не были подключены). Но через небольшое время амплитуда колебаний стала падать. Компенсировать это до определённого предела удавалось повышением напряжения питания, но это приводило к увеличению нагрева транзистора, трансформатора и росту потребляемого тока.

После отпаивания трансформатора обнаружились значительные утечки (около 10 МОм) между его обмотками. Причём сопротивление этой утечки заметно падает при увеличении температуры. Причина этого явления предположительно в липком изоляционном материале — лакоткани, широко применявшейся в прошлые годы для изоляции между слоями обмоток и обмотками трансформатора. Через много лет этот материал может деградировать и стать токопроводящим. Проблема эта особенно остро проявляет себя в высоковольтных и высокоомных цепях.

Даже изолирующие трубки (в разговорной речи — кембрики) из лакоткани могут стать источниками неприятностей. Недавно был случай — в вольтметрах В7-16А (1981 г.) и двух В7-16 (1976 г. и 1982 г.) резко возрос входной ток. Причина оказалась в изолирующих трубках из лакоткани, которые использовались на керамических галетных переключателях пределов и рода работы для дополнительной изоляции. Возникла утечка между галетами коммутации входного делителя и источника образцового напряжения.

Простое срезание изолирующих трубок (в них, в общем, даже не было особой необходимости) и тщательная очистка спиртом оставшейся после этих трубок липкой массы восстановила работу вольтметров.

Очевидно, что наиболее правильный способ ремонта осциллографа — перемотка трансформатора, поскольку найти новый исправный почти нереально. В заводской инструкции намоточные данные ВВ-трансформатора отсутствуют, но они были найдены на одном из радиолюбительских форумов [3], за что спасибо его участникам, не поленившимся посчитать витки неисправного трансформатора.

Намоточные данные от двух участников несколько отличались (возможно, завод вносил изменения в конструкцию). Тем не менее, полное число витков вторичной обмотки — около 1500 (диаметр провода — 0,1 мм). Первичная коллекторная обмотка содержит 16 витков провода диаметром 0,45 мм, а базовая — два витка провода диаметром 0,2 мм. Отводы во вторичной обмотке предназначены для более точной установки напряжения +8 кВ.

Я решил попробовать обойтись без трудоёмких намоточных работ и попытаться применить какой-либо готовый трансформатор.

Наиболее удачно подошёл довольно распространённый строчный трансформатор ТВС-90П4 от портативных чёрно-белых телевизоров ("Юность-405", "Электроника-404" и других). Согласно [4], повышающая обмотка этого ТВС содержит 1900 витков, что довольно близко к числу витков штатного трансформатора. К сожалению, в книге есть ошибки с нумерацией выводов трансформатора, но нас в данном случае интересует лишь число витков повышающей обмотки — это выводы на катушке трансформатора 11 и 9. Измеренная индуктивность повышающей обмотки ТВС — 2,7 Гн, а у штатного трансформатора (выводы 5—12) — 0,82 Гн.

Остальные имеющиеся на ТВС обмотки не подходят для нашей задачи, но зато этот трансформатор имеет свободный керн, на который можно легко намотать коллекторную и базовую обмотки, благо число витков в них невелико. Я обмотал свободный керн одним слоем липкой ленты и намотал первичную обмотку из 20 витков провода МГТФ сечением 0,41 мм. Число витков в первичной обмотке было увеличено примерно пропорционально отношению числа витков в повышающей обмотке ТВС к числу витков во вторичной обмотке штатного трансформатора.

Число витков базовой обмотки было увеличено до трёх. В целом небольшое изменение числа витков базовой обмотки при одновременном увеличении сопротивления резистора R8 (У5-1) не очень критично, но избыточное увеличение числа витков этой обмотки увеличивает мощность, расходуемую в базовой цепи. Применять именно провод МГТФ не обязательно, но нужно позаботиться, чтобы не произошло пробоя на близкорасположенный вывод повышающей обмотки ТВС. Базовая обмотка включается на место выводов 7—8 штатного трансформатора, коллекторная — на место 1—2. Вывод 9 ТВС соединяют с корпусом (соответствует выводу 5 штатного трансформатора), а вывод 11 ТВС (на его катушке) соединяют с выводами 1 умножителя (У5-2) и выпрямителя (У5-3). Экран, который соединён с выводом 1 штатного трансформатора, в ТВС не предусмотрен, но особых проблем это не вызвало.

Очевидно, что параметры ТВС отличаются от параметров штатного трансформатора, и может потребоваться коррекция схемы включения, чтобы генератор работал должным образом.

Первое включение ТВС было сделано по схеме, как в осциллографе. Но входной стабилизатор не использовался, умножитель и выпрямитель не подключались, и питание осуществлялось от регулируемого БП. Для первого включения лучше поставить небольшое напряжение питания, в пределах 9...12 В, а потом уже осторожно увеличивать напряжение, контролируя потребляемый ток.

Генерация появилась, но представляла собой "половинки" синусоиды с выбросами перед ними частотой около 20 кГц. Я искусственно увеличил ёмкость в цепи первичной обмотки, подключив плёночный конденсатор ёмкостью 0,47 мкФ на номинальное напряжение 250 В между коллектором транзистора Т2 и минусовой линией питания генератора. Это понизило частоту примерно до 8,5 кГц и заметно улучшило форму сигнала — получилось колебание в виде сильно искажённой синусоиды с ограничением снизу.

Добавочный конденсатор был подобран экспериментально — по хотя бы грубому приближению формы кривой к синусоиде при минимальном потребляемом токе. Приемлемый интервал ёмкости дополнительного конденсатора — 0,22—0,68 мкФ. Сопротивление базового резистора R8 (У5-1) было увеличено до 120 Ом. Для защиты эмиттерного перехода транзистора Т2 во время экспериментов параллельно выводам базы и эмиттера был установлен диод (я использовал 1N4007) в обратном включении. В окончательной версии (после отладки преобразователя) диод был удалён.

В штатном конденсаторе С1 (в базовой цепи) теперь уже нет особой надобности, но он помогает устранить небольшие паразитные колебания на участках сигнала с большой скоростью изменения напряжения. На период генерируемых колебаний подключение конденсатора С1 влияет довольно слабо. Частота при подключении конденсатора С1 снизилась от 8,9 до 8,5 кГц.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 11, 2022

После макетной проверки блок был собран "капитально" — с подключением стабилизатора, выпрямителя и умножителя. Оба транзистора на теплоотводе я заменил на КТ908Б. Для установки ТВС в штатный экранирующий кожух в его днище были просверлены отверстия, к которым и был прикреплён ТВС. Я прикрепил ТВС через текстолитовые шайбы и привинтил снизу кожуха гайками. Во избежание замыкания выводов ТВС на корпус они были укорочены до минимума. После чего эта конструкция была прикреплена к корпусу ВВ-блока штатными винтами.

При первом включении блока выявилась неработоспособность стабилизатора — оказались неисправными транзисторы Т2 и Т1 (У5-1). Транзистор Т2 (У5-1) 1Т906А (или 1Т905А) был заменён на КТ814Г. Здесь тоже нет никакой необходимости в ВЧ-транзисторе — можно поставить низкочастотный и вполне можно применять кремниевый. Транзистор Т1 (У5-1) 2Т201Б имеет небольшое допустимое напряжение коллектор—эмиттер (20 В), и заменять его лучше на транзистор с этим параметром не менее 50 В. Я использовал 2N2222A в металлическом корпусе (цоколёвка его такая же, как у 2Т201Б).



Рис. 2

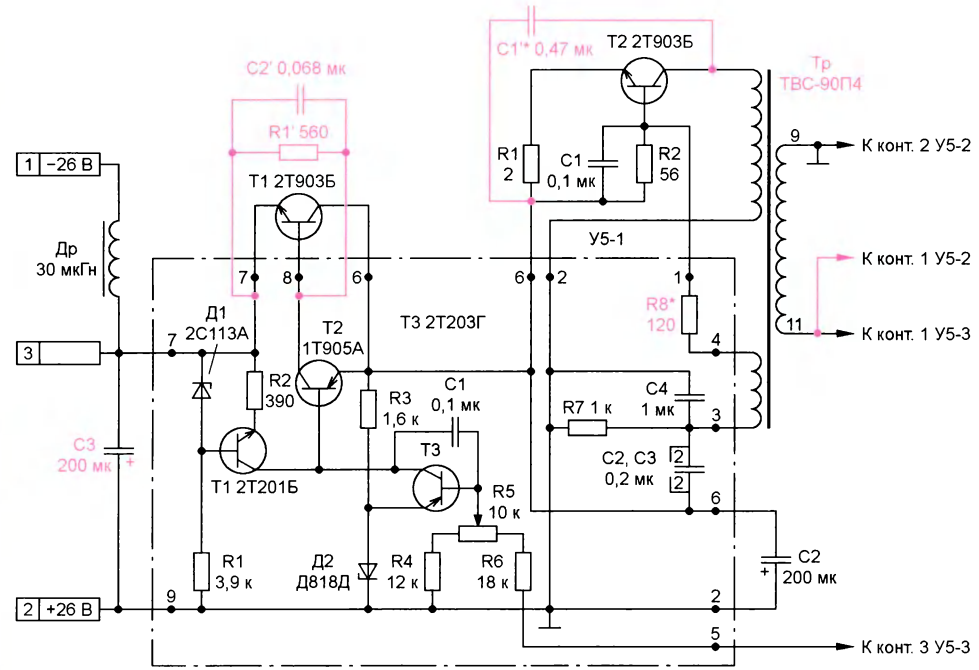


Рис. 3

Между выводами базы и эмиттера регулирующего транзистора Т1 рекомендуется включить резистор сопротивлением около 510 Ом, поскольку обратный ток коллектора германиевого транзистора Т2 (У5-1) может быть достаточно большим, и при большом коэффициенте передачи тока базы транзистора Т1 это может привести к невозможности уменьшения коллекторного тока транзистора Т1 ниже определённого значения (стабилизатор может стать неуправляемым). Резистор не будет лишним и при замене транзистора Т2 (У5-1) на кремниевый.

Следует убедиться в отсутствии самовозбуждения стабилизатора, контролируя осциллографом переменную составляющую на его выходе (коллектор транзистора Т1).

В моём случае наблюдалось самовозбуждение в виде пачек импульсов, следующих с частотой генератора. Подавить его удалось, припаяв керамический конденсатор ёмкостью 0,068 мкФ параллельно эмиттерному переходу транзистора Т1.

Получившаяся осциллограмма напряжения на первичной обмотке трансформатора приведена на **рис. 2**. Коэффициент отклонения — 10 В/дел, развёртки — 20 мкс/дел. Заметно искажённая форма сигнала, конечно, недостаток с точки зрения излучаемых помех, однако несимметричность кривой удалось использовать для точной подстройки напряжения +8 кВ (об этом далее).

Схема с изменениями, внесёнными в блок, показана на **рис. 3**. Изменения, внесённые в блок, показаны красным цветом, а в позиционные обозначения деталей добавлен штрих. Нумерация выводов ТВС показана только для повышающей обмотки, поскольку остальные две обмотки намотаны самостоятельно.

Напряжение +8 кВ запущенного ВВ-блока оказалось выше номинала, около 8,6 кВ. В заводском варианте использовались отводы от ВВ-обмотки для более точной установки напряжений. В случае с ТВС отводов нет, но для более точной установки напряжения +8 кВ можно обратить внимание на то, что выходное напряжение выпрямителя −1600 В зависит от амплитуды отрицательной полуволны на повышающей обмотке ТВС. Выходное напряжение же умножителя +8 кВ складывается из амплитуды положительной полуволны (она примерно соответствует напряжению на конденсаторе С1 (У5-2) умножителя) и напряжений на конденсаторах С3 и С5 (У5-2), которые примерно пропорциональны полному размаху напряжения на повышающей обмотке ТВС.

Можно использовать асимметричность генерируемого напряжения для более точной его установки. Заранее предсказать правильную полярность включения затруднительно, поскольку подключение выпрямителей всегда даёт ограничение снизу на повышающей обмотке из-за большей нагрузки на выпрямитель −1600 В, да и напряжение на конденсаторах не точно равно амплитуде полуволн и зависит ещё и от формы (крутизны вблизи вершин) генерируемого напряжения. К тому же изменение фазировки первичной обмотки в некоторой степени влияет и на форму генерируемого напряжения, поскольку имеется паразитная ёмкостная связь между выводом повышающей обмотки ТВС и базовой цепью генератора.

Исходя из этого, проще экспериментально подобрать оптимальную фазировку первичной обмотки, проверив оба варианта и остановившись на том, при котором напряжение +8 кВ ближе к номиналу. Напряжение −1600 В почти не меняется из-за действия ООС. Разумеется, при изменении фазы включения коллекторной обмотки следует соответственно изменять полярность включения базовой обмотки, чтобы выполнялось условие возбуждения генератора (ПОС). На выходное напряжение +8 кВ ощутимо влияет даже установка экрана

ВВ-трансформатора из-за вносимой экраном ёмкости, поэтому окончательно нужно проконтролировать высокие напряжения после полной сборки блока. У меня лучший результат получился при противофазном включении вторичной обмотки (напряжения на несоединённом с общим проводом выводе первичной обмотки и высоковольтном выводе ТВС находятся в противофазе).

В небольших пределах напряжение +8 кВ можно подрегулировать подбором сопротивления резистора R8 (У5-1) и ёмкости добавочного конденсатора С1'. При подборе ёмкости нужно следить, чтобы не было значительного увеличения потребляемого тока. Примерный интервал изменения сопротивления R8 (У5-1) — от 51 до 200 Ом. Генератор должен уверенно возбуждаться при полной нагрузке выпрямителей. Нормальный ток, потребляемый блоком вхолостую, — в пределах 0,22...0,25 А.

Строго говоря, измерения выходных напряжений надо проводить в работающем приборе при подключённой ЭЛТ. При увеличении нагрузки на источник −1600 В напряжение +8 кВ немного возрастает, а при увеличении тока луча напряжение +8 кВ немного снижается. Однако конструктивно крайне неудобно и небезопасно проводить измерения напряжения +8 кВ при подключённой ЭЛТ и одетой присоске. Я ограничился контролем напряжения +8 кВ без ЭЛТ, имея в виду, что потребление использованного мной ВВ-щупа (входное сопротивление 500 МОм и соответственно ток при напряжении 8 кВ — примерно 16 мкА) сопоставимо с потреблением ЭЛТ по цепи после ускорения.

После установки блока в осциллограф напряжение −1600 В было дополнительно проконтролировано — оно практически не изменилось, поскольку петля ООС работает именно по нему. А напряжение +8 кВ выросло примерно от 8,02 до 8,06 кВ, что представляется вполне приемлемым (согласно инструкции, допуск на напряжение +8 кВ — ±600 В).

ВВ-блок второго осциллографа был отремонтирован аналогично, но в нём все транзисторы были исправные, неисправен был только трансформатор. Самовозбуждение стабилизатора во втором приборе также имело место — наблюдались паразитные колебания размахом около 0,4 В и частотой около 700 кГц. Подавлено оно было аналогично, установкой конденсатора С2'.

Но надо иметь в виду, что схема блока в более новом приборе слегка отличается. На **рис. 4** приведена схема выпрямителя −1600 В, в ней наибольшие отличия. Кроме того, изменены номиналы некоторых элементов. Сопротивление резистора R4 увеличено с 12 до 16 кОм, сопротивление резистора R7 уменьшено с 1 кОм до 560 Ом (см. рис. 1). Для более точной стабилизации напряжения на катоде ЭЛТ компенсируются изменения напряжения на динамическом сопротивлении стабилитронов Д11 и Д12 с суммарным напряжением стабилизации 150 В в цепи −1600 В, для чего эти стабилитроны включены в цепь ООС (**рис. 5**). Фактически ВВ-блок наиболее точно стабилизирует напряжение именно на катоде ЭЛТ. Поэтому при ремонте блока отдельно от осциллографа между выводами 2 и 5 нужно включить стабилитрон (стабилитроны) с напряжением стабилизации около 150 В (анодом к выводу 2).

В этом приборе компаунд потёк только у умножителя, но не так сильно, как в первом приборе. Для предотвращения неприятностей в будущем я аналогично обмотал блоки умножителя, выпрямителя и делителя фторопластовой лентой, а поверх неё ещё и липкой лентой.

На **рис. 6** приведена осциллограмма коллекторного и базового напряжений транзистора Т2 относительно эмиттера. Верхний луч — коллекторное напряжение (20 В/дел), нижний — базовое (0,2 В/дел), коэффициент развёртки — 20 мкс/дел. Нулевые линии — первая и пятая, считая снизу. Хорошо виден момент захода транзистора Т2 в насыщение.

Были измерены пульсации высоковольтного напряжения. Для −1600 В размах пульсаций равен примерно 0,3 В, а для +8 кВ — 21 В, что представляется вполне приемлемым. Пульсации напряжения −1600 В измерялись через конденсатор ёмкостью 4700 пФ, а +8 кВ — через конденсатор К15-4 ёмкостью 470 пФ на номинальное напряжение 30 кВ. Входное сопротивление осциллографа, которым измерялись пульсации, — 10 МОм (высоковольтный щуп-делитель). Во избежание повреждения приборов (особенно при измерении пульсаций +8 кВ) необходимо предварительно заряжать конденсаторы и разряжать их после измерения. Можно защитить вход прибора высоковольтным стабилитроном или неоновой лампой.

На **рис. 7** показан вид на монтаж блока при снятой крышке экрана трансформатора, теплоотводе транзисторов Т1 и Т2 и плате электроники. Монтаж проводов был несколько оптимизиро-

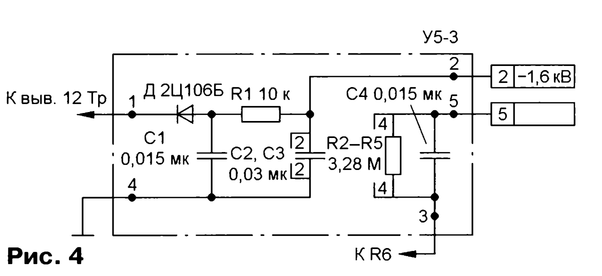


Рис. 4

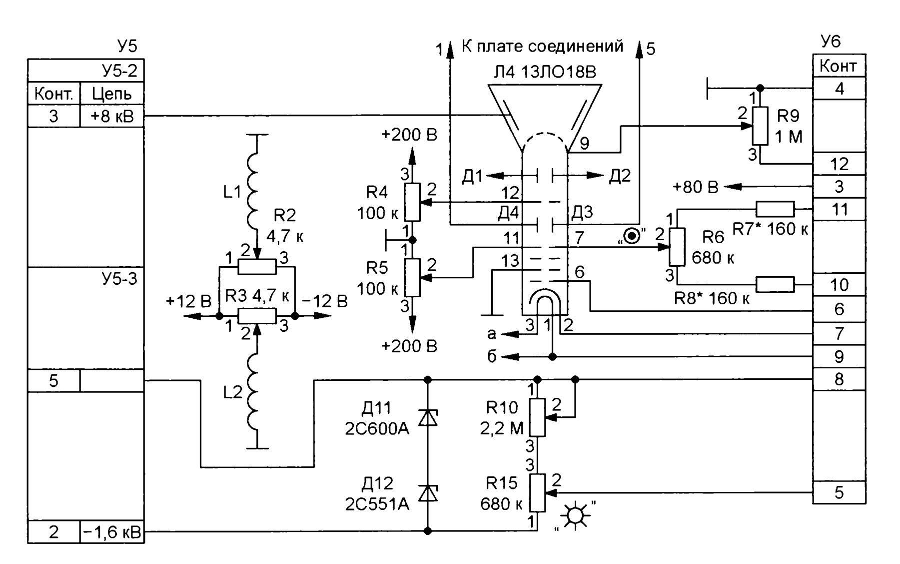
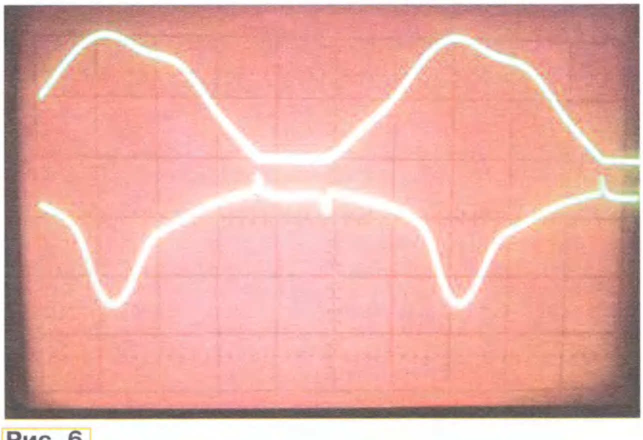


Рис. 5


Рис. 6

РАДИО
ИЗМЕРЕНИЯ
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 11, 2022

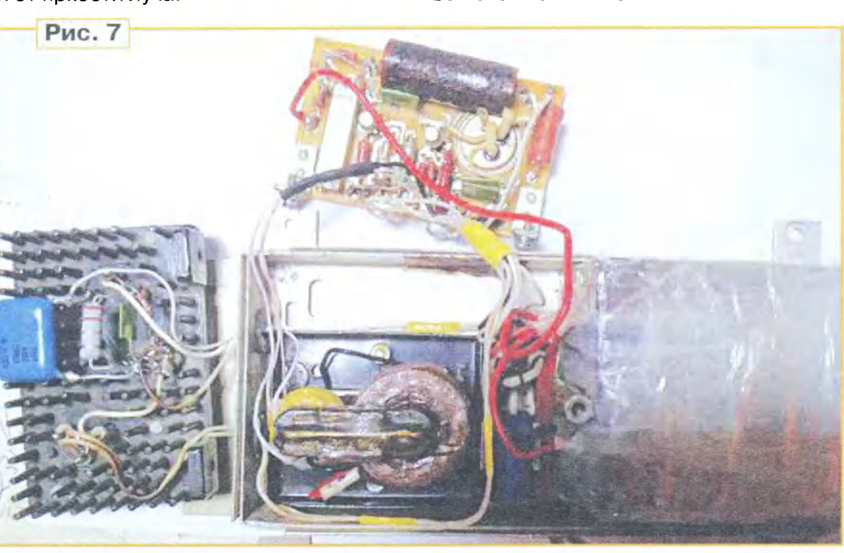
ван с целью максимального сокращения длины ВВ-проводов от трансформатора к умножителю и выпрямителю, поскольку эти провода являются источником помех. Подключать высоковольтный вывод ТВС лучше одним проводом, а входы выпрямителя и умножителя соединить между собой.

Несколько дополнительных замечаний по налаживанию. В случае отсутствия генерации и безошибочном монтаже следует поменять местами выводы коллекторной или базовой обмотки ВВ-трансформатора. При первом включении блок лучше питать пониженным напряжением (9...12 В) и контролировать потребляемый ток. При работе вхолостую блок не должен потреблять ток более 0,26 А. После установки в осциллограф потребление блока у меня оказалось равным 0,32...0,34 А в зависимости от яркости луча.

Сопротивление резистора R7 на схеме первого блока — 1 кОм, на схеме второго — 560 Ом. Однако по факту в обоих блоках стояли резисторы МЛТ-2 560 Ом.

Для проверки надёжности прибора после переделки следует включить осциллограф, яркость поставить среднюю, при которой обычно работают с прибором, и контролировать потребляемый блоком ток в течение длительного времени, три—четыре часа. Блок может нагреваться довольно сильно, особенно при повышенной температуре окружающего воздуха, но потребляемый ток не должен заметно расти.

Эксплуатация не выявила каких-либо проблем из-за переделки прибора. Из других дефектов — как правило, требуется замена конденсаторов К50-6, по крайней мере, тех, что стоят на платах. Замечание — на монтажной схеме блока У4 полярность конденсатора С2 указана с ошибкой.


Рис. 7

К коэффициенту передачи тока базы генераторного транзистора в случае его замены особых требований не предъявляется. У меня работали транзисторы с коэффициентом передачи 10, но лучше, если он будет не менее 40, как у штатного 2Т903Б.

Дополнительный конденсатор С1' следует использовать плёночный, например К73-17 на напряжение не менее 160 В. Резистор R8 (У5-1), заменяющий штатный, желательно ставить с мощностью рассеяния не меньше 0,5 Вт.

Рекомендую заменить конденсатор С2 (см. рис. 1), даже если он исправен, поскольку конденсаторы К50-6 не отличаются надёжностью. Можно ставить конденсатор большей ёмкости (до 1000 мкФ).

На схемах обоих вариантов блока ёмкость конденсатора С3 указана 0,1 мкФ, но по факту стоял оксидный конденсатор К50-20 ёмкостью 5 мкФ на номинальное напряжение 50 В. Следует обратить внимание на его состояние, поскольку иногда он имеет большой ток утечки, и заменить в случае надобности. Однако для уменьшения помех от преобразователя можно заменить этот конденсатор на современный конденсатор ёмкостью не менее 100 мкФ (об этом см. ниже, в конце статьи).

Тепловой режим осциллографа довольно тяжёлый, поэтому при эксплуатации важно обеспечить хорошую вентиляцию.

Статья предназначена для радиолюбителей, имеющих опыт работы с высоковольтными узлами. Напомню о необходимости соблюдать меры предосторожности при работе с высоким напряжением, особенно при его измерениях. Я использовал фабричный делитель напряжения (до 35 кВ) с входным сопротивлением 500 МОм.

При налаживании ВВ-блока следует быть особо осторожным с выводом +8 кВ. Я налаживал блок без присоски, припаял её только после установки в прибор, поскольку присоску очень трудно просунуть через весьма плотный монтаж прибора, да и можно повредить её при этом.

Во избежание случайного касания вывода +8 кВ при налаживании блока на конец высоковольтного провода была туго одета толстая ПВХ-трубка, в которую удобно вставлять ВВ-щуп. Следует удалять этот провод подальше от каких-либо деталей, боящихся статического электричества, и чувствительных измерительных приборов.

Автор надеется, что приведённая в статье информация поможет радиолюбителям восстановить ВВ-блок осциллографа С1-76 без трудоёмких намоточных работ.

Возможно, по подобной методике можно починить и другие приборы, в которых высокое напряжение формируется отдельным автономным блоком.

Предложенный вариант включения ТВС не претендует на оптимальность, может быть, можно найти и лучшую схему включения. Не исключено, что можно использовать и другие типы ТВС. Здесь широкое поле деятельности для экспериментаторов. К сожалению, более распространённые на сегодняшний день ТДКС использовать не представляется возможным, по крайней мере, без их вскрытия, поскольку ТДКС содержит встроенные диоды и позволяет получить только положительное высокое напряжение, а для осциллографов нужно ещё и отрицательное напряжение для питания цепи катода. Собственно, оно является основным.

При проверке работы прибора 1982 г. выпуска была замечена помеха от преобразователя при замкнутом входе и самом чувствительном пределе 200 мкВ/см амплитудой примерно 4 мм (80 мкВ). Первоначальная версия была, что помеха электростатическая, через ёмкость между цепями ВВ-блока или второго анода ЭЛТ, где есть пульсации с частотой преобразования, и входными цепями усилителя вертикального отклонения (УВО), но это не подтвердилось. Причина оказалась в заводской ошибке!

ВВ-блок питается от выпрямителя на диодах Д7—Д10 (2Д202В) с ёмкостным фильтром С5 (2000 мкФ), схема есть в [1]. Судя по схеме, соединение с общим проводом цепи питания ВВ-блока должно быть только в одной точке — катоды диодов Д7, Д10, плюсовой вывод конденсатора С5. Но это не соответствует действительности. Плюсовой вывод выпрямителя действительно соединён с общим проводом, но провод от этой точки к ВВ-блоку не идёт. Взамен этого плюсовой вывод питания ВВ-блока подключён к шасси лепестком в непосредственной близости от этого вывода. Также внутри ВВ-блока плюсовой вывод конденсатора С2 соединён с корпусом блока. В результате ток питания ВВ-блока, который имеет заметную высокочастотную составляющую с частотой генерации, протекает фактически по шасси труднопредсказуемым путём.

Очевидно, часть этого тока протекает и по корпусу УВО — между корпусными выводами разъёма УВО и передней его панелью, которая имеет контакт с корпусом.

Первоначальная идея — изолировать корпус УВО от шасси осциллографа. Этот способ был проверен — он рабочий, но механически это трудно осуществимо, и решение довольно некрасивое — я просто обматывал корпус УВО липкой лентой.

Крепить УВО после этого штатными винтами уже нельзя, поскольку винты будут соединять корпуса УВО и осциллографа.

Но есть более простое и красивое решение. Надо просто отключить плю-

совой вывод выпрямителя от корпуса и соединить этот вывод с ВВ-блоком отдельным проводом. Для этого надо отпаять все провода от плюсового вывода выпрямителя, конечно, кроме тех, что соединяют диоды Д7 и Д10 и плюс конденсатора С5.

Отпаянные провода, их два в приборе 1982 г. выпуска, следует соединить между собой и изолировать. Один из этих проводов соединён с корпусом прибора, другой — это, видимо, соединение с корпусом какой-то из цепей прибора. Какой именно, трудно сказать, поскольку провод уходит в жгут.

Далее надо просто плюсовой вывод выпрямителя соединить с плюсовым выводом ВВ-блока отдельным проводом. А соединение с общим проводом будет уже вблизи ВВ-блока (штатный проводник). К выводу 2 блока теперь подходят два провода: один соединяется с шасси поблизости от блока, другой провод идёт к выпрямителю.

После этой доработки помеха от преобразователя на пределе 200 мкВ/см почти неразличима. Для удобства просмотра помехи осциллограф надо синхронизировать внешним сигналом с частотой генератора ВВ-блока. Сигнал синхронизации удобно снять с коллектора транзистора Т2 ВВ-блока, а делитель внешней синхронизации поставить на 1:10.

Если же вы не хотите нарушать заводской монтаж прибора, то можно попробовать просто соединить плюсовой вывод выпрямителя — точку соединения катодов диодов Д7 и Д10 — с плюсовым выводом питания ВВ-блока отдельным проводом. Сечение провода должно быть хотя бы в три раза больше, чем сечение штатных проводов.

В приборе 1979 г. выпуска этой ошибки не было, монтаж питания ВВ-блока — правильный. Однако в этом осциллографе отсутствовала верхняя крышка ВВ-блока, она была утеряна прежним владельцем, и наблюдалась небольшая помеха с частотой генератора. Подавить её почти полностью удалось, заменив конденсатор С3 в ВВ-блоке оксидным ёмкостью не менее 100 мкФ на номинальное напряжение не менее 50 В. Следует использовать современные малогабаритные конденсаторы с малым ESR. Я поставил конденсатор Jamicon серии ТК ёмкостью 220 мкФ на напряжение 50 В.

И в заключение, ещё об одной "земляной" проблеме. Она опять-таки проявилась только в приборе 1982 г. выпуска. Я обратил внимание на выбросы на фронтах и спадах импульсов встроенного калибратора. Кроме того, если коснуться щупом осциллографа корпуса разъёма калибратора, можно наблюдать сетевую помеху частотой 50 Гц амплитудой около 2 мВ. Выходит, что эта помеха действует между корпусами разъёмов.

А причина оказалась вот в чём. Если снять фальшпанель прибора, можно видеть три отдельных блока — усилителя вертикального отклонения, развёртки и панели ЭЛТ, на которой размещён и разъём калибратора. Причём первые два блока легко снимаются для ремонта.

Помеха 50 Гц появилась из-за заводской ошибки. По принципиальной схеме [1] лампы подсветки и индикатора включения питаются от обмотки сетевого трансформатора и соединяются в одной точке с общим проводом. Однако фактически общие провода обеих ламп просто подключены к корпусу прибора, причём в крайне неудачных местах. Одна из ламп подключена к клемме заземления прибора на передней панели, другая — к корпусу разъёма калибратора. Но к этим же точкам подключён и экран кабеля калибратора! Получается, что часть тока ламп протекает по экрану кабеля калибратора!

Для устранения этой ошибки следует отпаять оба общих провода питания ламп и соединить их между собой и с общим проводом подальше от входов прибора, например, с плюсовым выводом моста Д7—Д10. Если вы сделали доработку, о которой говорилось выше, можно соединить общие провода питания ламп с ранее отпаянными двумя проводами.

Далее, для уменьшения помех сигналу калибратора можно экранный провод кабеля калибратора отпаять от клеммы заземления и соединить непосредственно с общим проводом платы блока калибратора У2. Причём лучше всего припаять экранный провод прямо к "земляному" выводу резистора, с которого снимается сигнал калибратора. На клемме "земля" прибора теперь останется только один провод, который собственно "землю" и обеспечивает.

Осталось непонятным, это были просто ошибки монтажника, единичный случай либо вкралась ошибка в заводскую документацию при модернизациях прибора.

Следует проверить крепёжные точки платы калибратора и при необходимости залудить дорожки в местах креплений для хорошего электрического контакта платы с корпусом.

Разъём калибратора у этого осциллографа расположен примерно на том месте, где у других осциллографов расположен вход УВО. Пользователи нередко портят калибратор, по ошибке подавая сигнал на выход калибратора (для варианта прибора с коаксиальным выходом калибратора). Поэтому, когда калибратор не используется, желательно закрывать его разъём какой-либо заглушкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Осциллограф С1-76. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Осциллограф С1-76 Схемы электрические. — URL: **https://disk.yandex.ru/d/PnufdR-_jstesQ** (21.09.22).

2. **Гедзберг Ю. М.** Ремонт чёрно-белых переносных телевизоров. — М.: Радио и связь, 1992, с. 52.

3. Осциллограф С1-76 высоковольтный транс данные. — URL: **https://monitor.net.ru/forum/threads/313486/** (21.09.22).

4. **Кузинец Л. М., Соколов В. С.** Узлы и блоки телевизоров. — М.: Радио и связь, 1990.

Универсальное разрядно-зарядное устройство

А. ДЫМОВ, г. Оренбург

Основная печатная плата устройства размерами 135×95 мм была изготовлена с помощью ЛУТ и травлением в растворе перекиси водорода, лимонной кислоты и поваренной соли из соотношения на 100 мл перекиси 30 г лимонной кислоты и 5 г соли. Топология нижней стороны печатной платы показана на **рис. 10**, верхней стороны — на **рис. 11**, а схема размещения элементов — на **рис. 12**. Смонтированная плата показана на **рис. 13**.

Окончание. Начало см. в "Радио", 2022, № 10

После травления и лужения платы необходимо установить и пропаять переходные отверстия, в качестве которых рекомендуется использовать медные трубчатые заклёпки соответствующего диаметра, которые можно приобрести на AliExpress. Также их необходимо использовать для установки выводных компонентов, особенно для разъёмов, к которым затруднён доступ для пайки.

Вид на внутреннюю компоновку устройства показан на **рис. 14**. Необходимо уделить большее внимание при пайке разъёмов XS1—XS5 для модуля Arduino, так как доступ для их пайки возможен только с нижней стороны платы. Во-первых, необходимо подобрать по размеру трубчатые заклёпки для выводов разъёмов, которые должны иметь связи с печатными проводниками на нижней и верхней сторонах платы, установить их и припаять к проводникам. Затем продуть отверстия отсосом, и только затем установить и припаять разъёмы без использования жидких флюсов. Аналогичные действия рекомендуются при монтаже и других разъёмов платы, а также подстроечных резисторов. При необходимости подогнать торцы разъёмов XS3, XS2 и XS3, XS5 следует подрезать их канцеляр-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

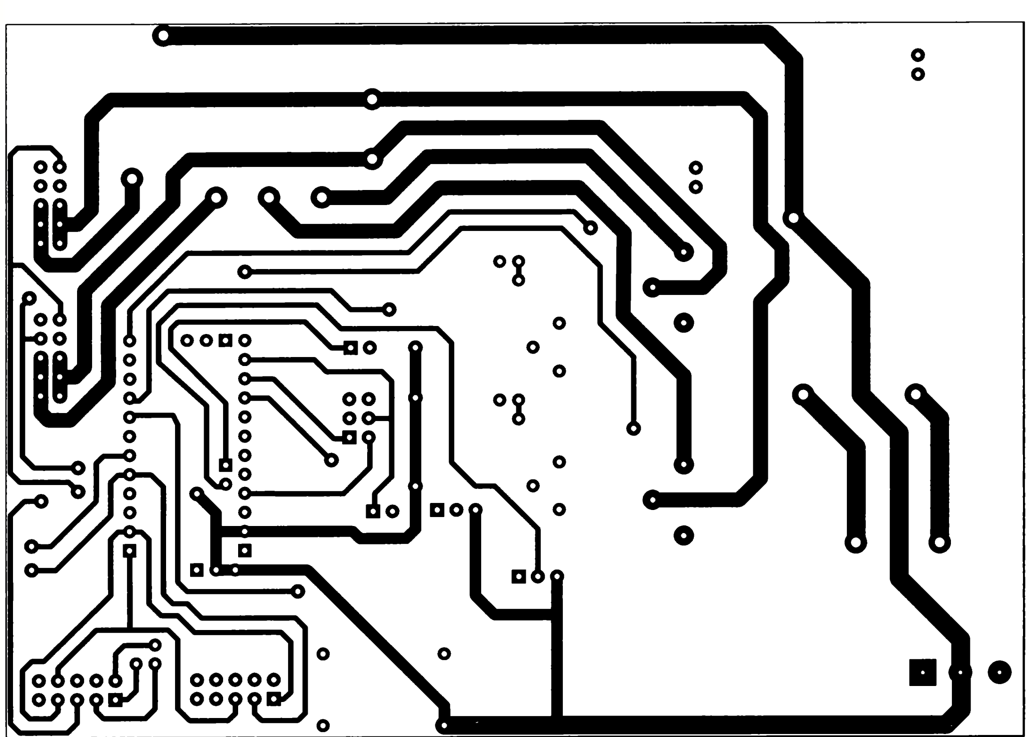


Рис. 10

средней части колодки необходимо извлечь шесть (2×3) контактов и впаять их в плату. Для дополнительной прочности рекомендуется среднюю часть колодки, из которой извлечены контакты, приклеить к плате пластиком из клеевого пистолета. К площадкам, к которым припаяны диодные сборки VD16, VD17, припаяны латунные пластины для дополнительного охлаждения (см. рис. 13, рис. 14).

В местах крепления платы к корпусу на нижней и верхней сторонах платы приклеены изолирующие шайбы, кроме отверстия около клеммной колодки XT2, это единственная точка соединения общего провода платы с корпусом. Для охлаждения транзисторов VT10, VT11, VT13 и диодной сборки VD22 применён игольчато-пластинчатый теплоотвод размерами 50×50×30 мм. Совместно с вентилятором, который работает на вытяжку нагретого воздуха за пределы корпуса устройства, теплоотвод способен рассеивать до 20 Вт. Не рекомендуется работа вентилятора на обдув теплоотвода, поскольку это может привести к сильному повышению температуры внутри корпуса устройства. Воздушные потоки также эффективно охлаждают компоненты, участвующие в процессе зарядки, которые расположены под теплоотводом. На вентиляторе разъём заменён на разъём типа BLS-3. На рис. 12 теплоотвод с вентилятором схематично обозначен в виде прямоугольника, имеются и отверстия для его крепления к плате.

ским ножом, чтобы шаг гнёзд разъёмов соответствовал шагу 2,54 мм. После пайки разъёмов плата Arduino должна входить в разъёмы без особых усилий и без деформации контактов.

Необходимо также уделить внимание надёжности пайки клеммной колодки XT2. При зажиме проводов к ней прикладывается довольно большое усилие, что может привести к нарушению пайки.

Разъёмы XP3, XP4 желательно использовать на единой колодке, как показано на рис. 13, что повышает их прочность. Так как к ним постоянно приходится подключать и отключать аккумуляторные адаптеры, то они подвержены существенным нагрузкам. Для них была использована колодка разъёма PLD-80R, от которой было отделено 26 (2×13) контактов. Перед установкой на плату в

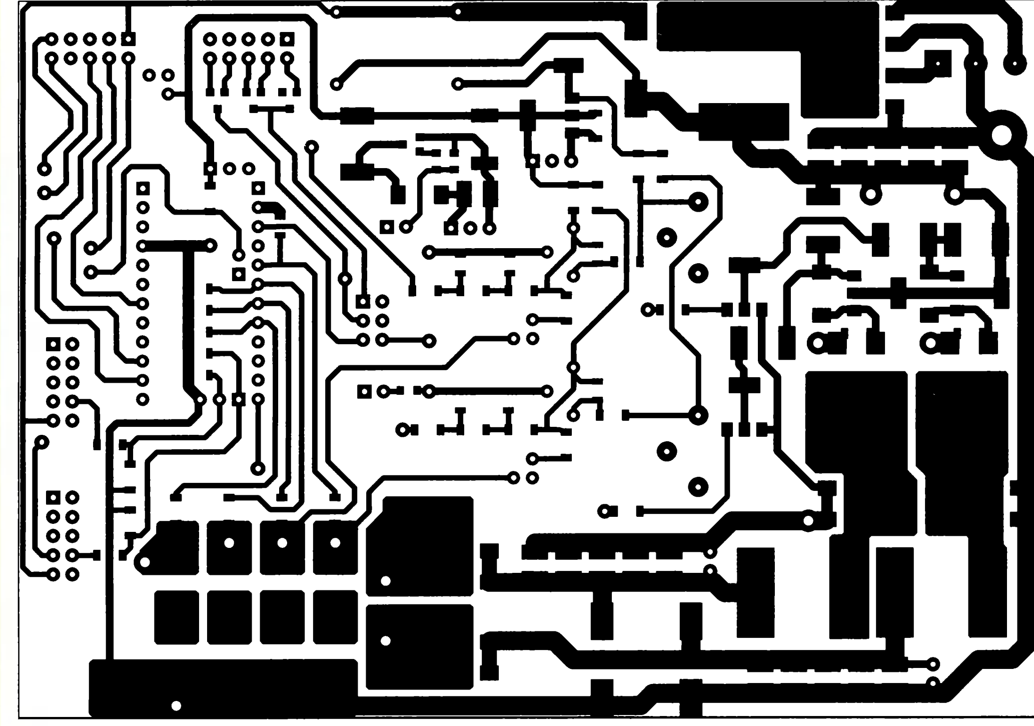


Рис. 11

Основная часть применённых радиоэлементов — для поверхностного монтажа (SMD). Все маломощные резисторы могут быть типоразмеров 1206 и 0805, мощные резисторы R16—R19 — типоразмера 2512, резисторы R22—R24, R26, R44—R47 — типоразмера 2512 с допуском ±1 %, подстроечные резисторы R40, R41, R54 — СП5-16ВГ-0,05. Керамические конденсаторы C9—C13, C15—C22, C25, C26, C42 — типоразмера 1210 (3525), остальные — типоразмера 0805. Танталовые конденсаторы C39 — типоразмера 3216, C40 — типоразмера 6032 и C41 — типоразмера 7343.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

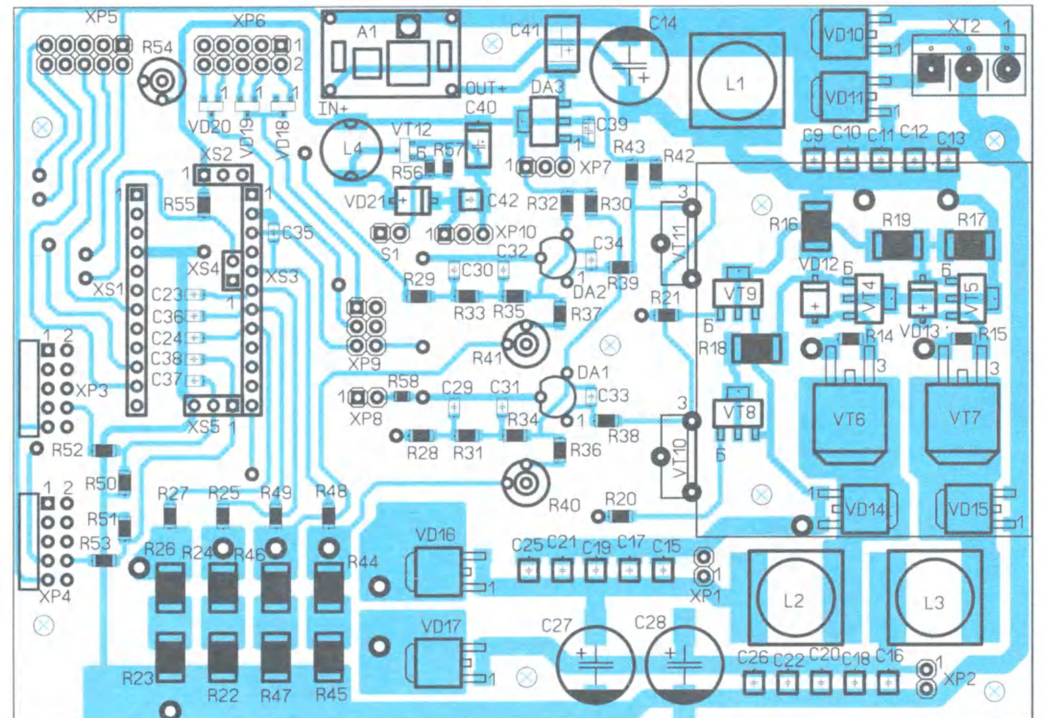


Рис. 12

Рис. 13

Рис. 14

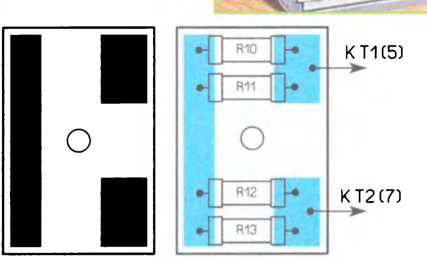


Рис. 15

Алюминиевые оксидные конденсаторы C14, C27, C28 — серии EZV производителя HITANO. Дроссели L1—L3 — B82477G4 размерами 12,8×12,8×8 мм. Для разъёмов XS1—XS5 использована линейка типа PBS-40, от которой отрезано нужное число гнёзд, разъёмы XP5, XP6, XP9 — серии PLD, остальные — серии PLS. Клеммная колодка XT2 — XY301V-A-3P.

После пайки компонентов основную плату необходимо промыть, соблюдая большую осторожность, особенно около разъёмов XS1—XS5. Проникновение промывочной жидкости в разъёмы может создать большие проблемы. В таких критических местах рекомендуется использовать не кисточку, а поролоновый тампон в пинцете, слегка смоченный промывочной жидкостью, и тампон из х/б материала для лучшего впитывания жидкости. Для защиты штыревых разъёмов необходимо надеть на штыри кусочки пенопласта. После промывки и просушки надо прозвонить омметром цепи электропитания платы на замыкания и обрывы, а также цепи зарядки и разрядки. Первый вывод штыревых разъёмов на плате рекомендуется маркировать, сделав небольшое углубление с помощью тонкого сверла и затем заполнить краской.

На модуле Arduino Pro Mini, руководствуясь рис. 7, необходимо удалить светодиод, на который указывает красная стрелка, потому что он может помешать процессу загрузки программы в микроконтроллер. В отверстия платы, кроме тех, которые отмечены крестиком, с нижней стороны необходимо впаять штыревые разъёмы серии PLS с соответствующим числом контактов. При желании безболезненно для Arduino можно удалить компоненты, обозначенные кружком красного цвета.

Плата сетевого преобразователя напряжения была извлечена из корпуса, доработана и смонтирована в другом алюминиевом корпусе от более мощного преобразователя, тип которого можно увидеть на рис. 14. Доработка заключается в удалении витка обратной связи из трансформатора T1 (см. рис. 3) и замене её перемычкой на плате, подробности смотреть в [2]. Удалена вторичная обмотка трансформатора T2, и с целью повышения безопасности намотано несколько слоёв фторопластовой плёнки для повышения электрической изоляции между обмотками и затем намотана новая вторичная обмотка проводом МГТФ-0,35 18+18 витков. Для обратной связи протягивается один виток провода МГТФ-0,2 через выводы 5—6 трансформатора T1, выводы 7—8 T2 и припаивается к балластному резистору. Плата балластного резистора изготавливается из двухстороннего стеклотекстолита размерами 20×30 мм, чертёж которой и размещение элементов показаны на **рис. 15**. Резисторы C2-33 припаивают на верхней стороне платы, на нижнюю сторону фольги наносится теплопроводная паста, и плата крепится винтом с гайкой M2,5 к корпусу преобразователя.

Транзисторы преобразователя VT2 и VT3 через слюдяные изолирующие про-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

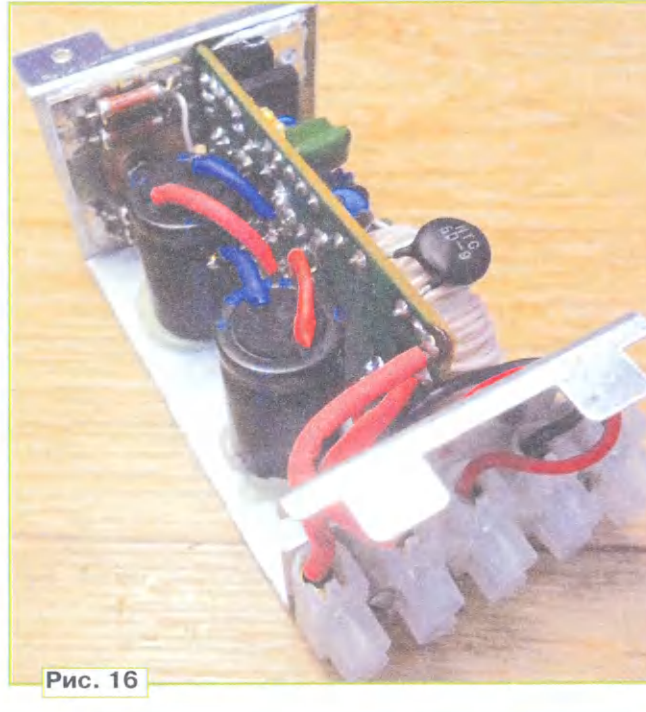
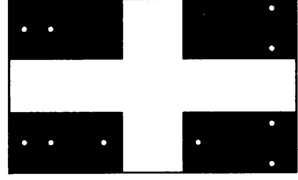
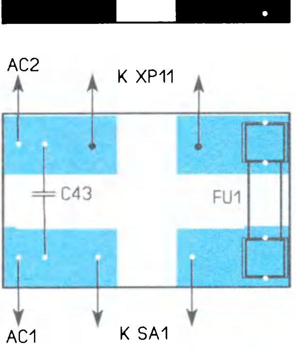


Рис. 16





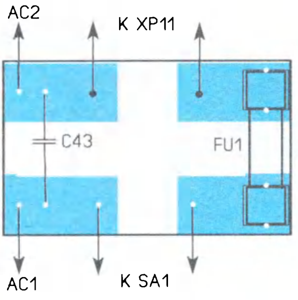
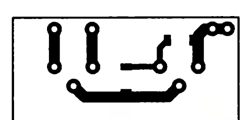
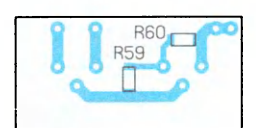


Рис. 17





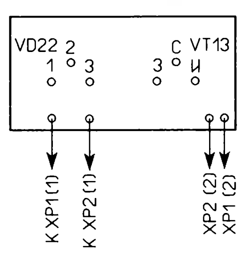


Рис. 18

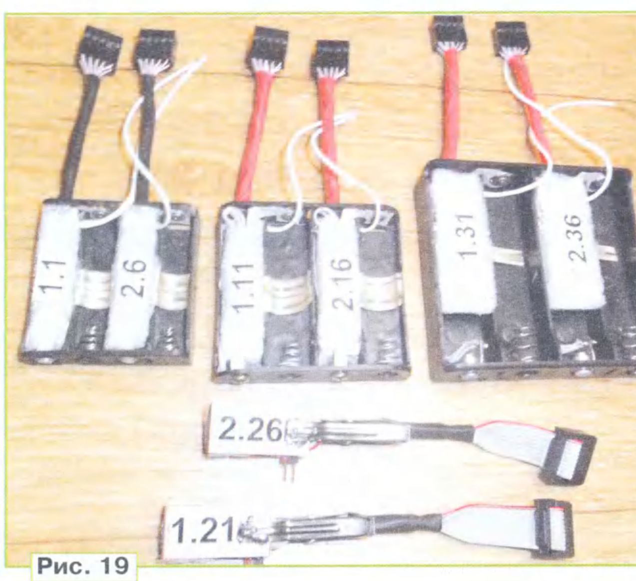


Рис. 19

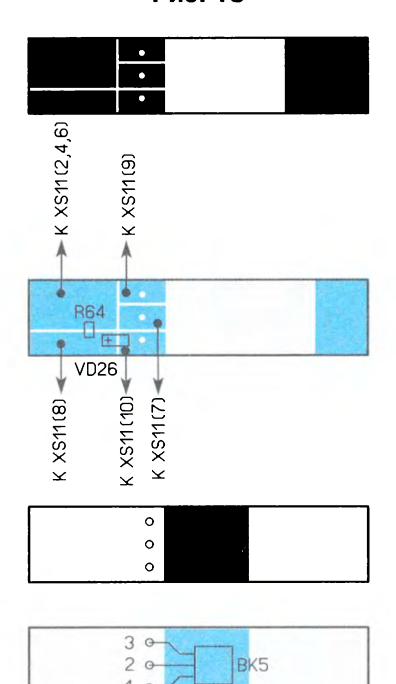


Рис. 20

кладки и теплопроводную пасту также прижаты к корпусу преобразователя для лучшего охлаждения. Тип терморезистора RK1 хорошо виден на **рис. 16**, конденсаторы C3, C4 прикреплены к корпусу с помощью клеевого пистолета и припаяны к стойкам, которые, в свою очередь, припаяны к плате. С внешней стороны корпуса закреплена клеммная колодка для входного и выходного напряжения серии PA-12-3, от которой отрезано необходимое число зажимов. На сетевом разъёме XP11 (AC-016) методом пайки крепится плата сетевого фильтра размерами 38×23 мм, чертёж которой показан на **рис. 17**, для чего в плате сделаны прорези для контактов разъёма. На плате установлены держатель предохранителя S1050 и помехоподавляющий конденсатор C43 типа MEX/TENTA (MKP-61), к плате подключается сетевой выключатель SA1 PS8A и входные клеммы колодки XT1. Методика проверки работоспособности преобразователя будет освещена далее.

Необходимость использования электронной нагрузки выяснилась на последнем этапе, когда стали перебираться все возможные непредвиденные ситуации. При случайном пропадании электрического контакта с аккумулятором при больших токах зарядки напряжение на выходе регулятора зарядного тока могут достигать недопустимых значений. Электронная нагрузка берёт на себя выходной ток и ограничивает напряжение регулятора на уровне 5...6 В. Поэтому на основную плату были добавлены разъёмы XP1, XP2 типа PLS, которые будут необходимыми не только для электронной нагрузки, но и для калибровки измерителей напряжения, о которых будет сказано позднее. Плата электронной нагрузки имеет размеры 30×15 мм, её чертёж и схема размещения элементов показаны на **рис. 18**. Резисторы R59, R60 — для поверхностного монтажа типоразмера 1206, разъёмы XS4, XS5 — BLS-2 подключаются к плате проводами. Узел нагрузки крепится прижимом транзистора через изолирующую прокладку и диодной сборки к теплоотводу с использованием теплопроводящей пасты.

Датчик температуры теплоотвода крепится прижимной скобой плоской стороной датчика через теплопроводящую пасту в средней части теплоотвода. Предварительно припаивают провода к выводам датчика и изолируются термоусаживаемой трубкой. Для подключения датчика к плате используется разъём XS6 BLS-3. Для формирования звуковых сигналов используется пьезоизлучатель HA1 FT-20T-6,8A1 с резонансной частотой 6800 Гц, для его подключения к разъёму платы используется разъём XS3 BLS-2. Кнопки управления SB1—SB5 — PBS-10B, для подключения к плате используется плоский кабель с разъёмом XS1 BLD-2×5, LCD-дисплей изолирован от корпуса устройства с помощью изолирующих шайб и изоли-

рующих втулок, которые используются для крепления компонентов в корпусах TO-220. Общий провод должен соединяться с платой LCD-дисплея только через кабель, который подключается к плате устройства через разъём XS2 BLD-2×5.

Весь набор адаптеров, изготовленных для имеющихся в эксплуатации аккумуляторов, показан на **рис. 19**. В наличии имелся один Li-Fe аккумулятор типоразмера 14500, который не был в эксплуатации и использовался только для отладки программы обслуживания этих типов аккумуляторов. Изготовлять для него отдельный адаптер не имело смысла, и поэтому был использован адаптер для аккумуляторов типоразмера АА, которые близки к типоразмеру 14500. Для этого пришлось временно поменять резистор для измерения напряжения аккумулятора и изменить номер датчика температуры. Для аккумуляторов типоразмеров AAA, AA и 18650 использовались готовые батарейные отсеки, которые были доработаны, а для Li-Po аккумуляторов были изготовлены адаптеры в виде прищепок с дополнительным разъёмом для подключения аккумулятора.

Рис. 21

Для каждого аккумулятора в отдельном отсеке размещается плата с SMD-резистором делителя напряжения типоразмера 0805, датчиком температуры и защитным диодом. Платы в общем конструктивно схожи и отличаются только размерами. Топология платы для аккумуляторов типоразмера AAA размерами 40×10 мм показана на **рис. 20**, конструкция адаптера показана на **рис. 21**. На нижней стороне платы к площадке полигона припаивается латунная пластина для теплопередачи от аккумулятора к датчику температуры. Использованы две пластины шириной 6 мм и длиной 25 мм, но, как оказалось позднее, достаточно было одной пластины шириной 6 мм, что и было сделано в одном из адаптеров. На нижней стороне платы устанавливается датчик температуры, который плоской стороной через теплопроводную пасту прижимается к теплопроводящим пластинам латунной скобой методом пайки, как показано на **рис. 22**. После установки и пайки на плате резистора делителя и защитного диода плату необходимо промыть.

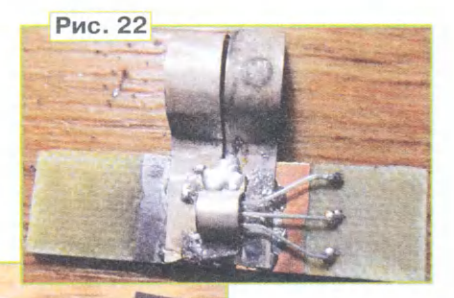


Рис. 22

Для подключения адаптеров к основному устройству необходимо изготовить кабели с разъёмом. Для адаптеров аккумуляторов типоразмеров AAA, AA и 18650 использованы разъёмы BLD-2×5. Длина кабелей должна быть одинаковой, потому что программно учитывается среднее падение напряжения на проводах и контактах разъёмов, по которым течёт разрядный/зарядный ток. Для каждого из этих контактов используется отдельный провод МГТФ-0,35, которые объединяются вместе при пайке к плате адаптера. Можно использовать другой тип медного провода, но того же сечения, для других контактов использован провод МГТФ-0,07, который можно заменить любым другим. Длина кабеля от разъёма до батарейного отсека должна быть около 55 мм (**рис. 23**). Для адаптеров Li-Po аккумуляторов использовался десятипроводный плоский шлейфовый кабель с шагом 1,27 мм. Отделяется отрезок кабеля длиной 110 мм, к одному концу подключается разъём IDC-10F, а другой конец кабеля припаивается к площадкам платы адаптера (**рис. 24**).

Перед установкой платы в батарейный отсек адаптера необходимо сделать в боковой стенке пазы для теплопередающих пластин и предусмотреть средство извлечения аккумуляторов из отсека, в адаптерах для этого используется лавсановый шнур. Вниз отсека под плату прокладываются провода кабеля, предназначенные для минусового вывода аккумулятора, и поролоновая теплоизолирующая прокладка. Плата крепится в отсеке методом пайки к жёстким лепестковым ламелям, которые входят в состав контактного устройства адаптера. К контактным площадкам платы припаиваются остальные провода, затем плата окончательно промывается. После того как изготовленный адаптер подтвердит свою работоспособность, на верхнюю часть платы приклеивают поролоновую прокладку для теплоизоляции и этикетку с номером канала и номером датчика.



Рис. 23



Рис. 24

Плата адаптера для аккумуляторов типоразмера АА имеет размеры 45×13 мм, топология которой показана на **рис. 25**. Размещение платы в отсеке аналогично вышеописанной. Плата для аккумуляторов типоразмера 18650 имеет размеры 45×15 мм, топология которой показана на **рис. 26**, и отличается тем, что крепится в отсеке винтом М2,5, для чего на плате предусмотрено отвер-

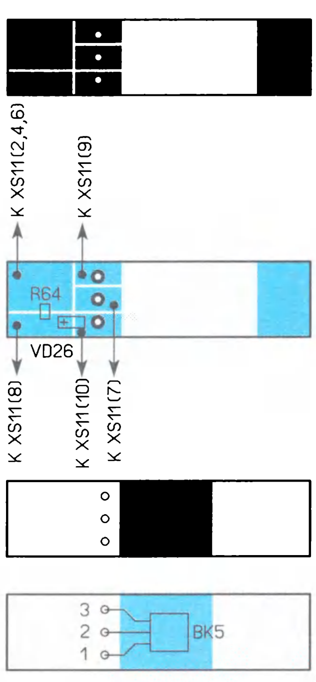


Рис. 25

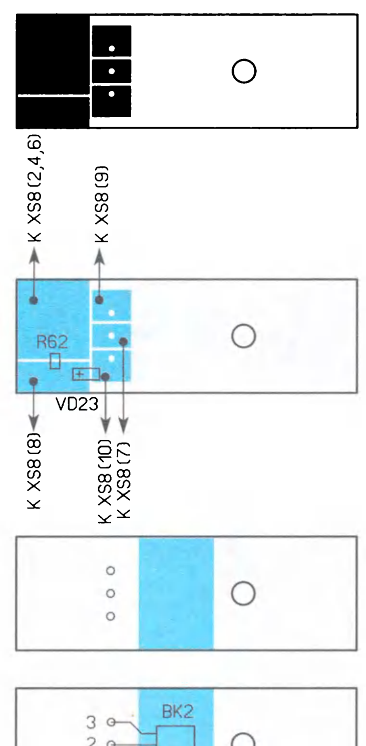


Рис. 26

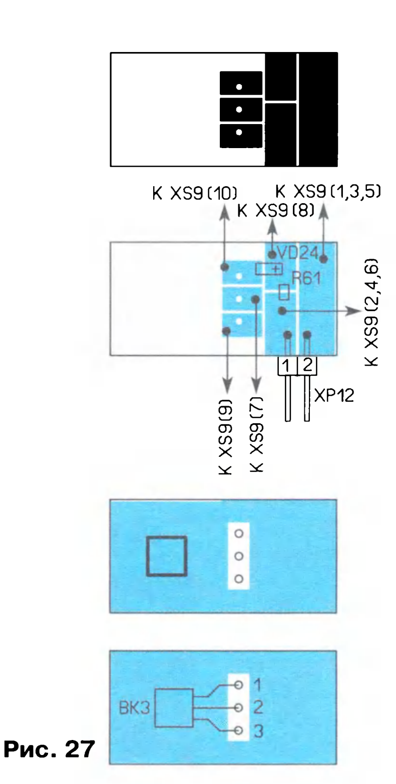


Рис. 27

стие для установки резьбовой втулки M2,5.

Для аккумуляторов Li-Po необходимо подготовить две печатные платы, каждая размерами 30×15 мм, одна из них — основная плата адаптера, чертёж которой показан на **рис. 27**, вторая плата — вспомогательная полностью металлизированная, которая используется как прижим аккумулятора к основной плате. Для закрепления адаптера на аккумуляторе, как показано на **рис. 28**, использовались зажимы "крокодил", к укороченным губкам которого припаяны платы адаптера, нижняя — как основная, а верхняя — как вспомогательная. Датчик припаян на верхней стороне основной платы плоской стороной вверх, обклеен поролоновой теплоизолирующей прокладкой на верхней и нижней сторонах платы, как показано на рис. 24. В качестве контактного устройства для аккумулятора применён разъём XP12 типа PLS-2.

Прежде чем закрывать корпус преобразователя и устанавливать его в корпус основного устройства, необходимо убедиться в его работоспособности, соблюдая осторожность и правила техники безопасности. Прежде всего, с помощью омметра необходимо убедиться в отсутствии связей и максимальном сопротивлении между первичными и вторичными цепями, между цепями и корпусом преобразователя. Временно подключается сетевой шнур к контактам 1 и 2 клеммной колодки XT1, а к контактам 3 и 4 или 4 и 5 подключается нагрузка в виде двух последовательно соединённых ламп накаливания на 12 В небольшой мощности. Подключается сетевой шнур к сети 230 В, электролампы должны светиться. Если этого нет, необходимо отключить шнур от сети, измерив напряжения на конденсаторах C3, C4, убедиться в безопасном уровне напряжения и при необходимости разрядить их принудительно с помощью резистора сопротивлением не менее 1 кОм. Отпаивают от резисторов R10, R11 вывод 5 трансформатора T1, извлекают и пропускают виток с другой стороны кольца трансформатора. После восстановления связи с резисторами надо повторить вышеприведённую операцию по проверке работоспособности. Если и после этого преобразователь не заработает, это свидетельствует о его серьёзной неисправности.

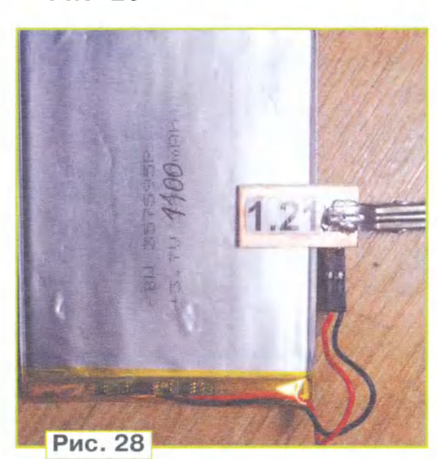


Рис. 28

Убедившись в работоспособности преобразователя, можно его закрыть и подготовить отрезки изолированного провода длиной 80...100 мм для подключения его к сетевому фильтру, выключателю и клеммной колодке XT2 на основной плате. Для подключения к сетевому фильтру и выключателю желательно применить провода сечением 0,35 мм^2 в двойной изоляции или надеть на провода дополнительные изолирующие трубки, для подключения к основной плате можно применить провод сечением не менее 0,75 мм^2. При зажиме проводов в клеммной колодке возможна их существенная деформация и даже срезание, чтобы это исключить, необходимо на концы проводов, которые будут подключаться к клеммным колодкам, надеть и пропаять трубчатые наконечники или, в крайнем случае, наложить бандаж голым медным проводом и хорошо залудить.

Для устройства применён стальной корпус от компьютерного блока питания со штатным сетевым разъёмом и сетевым выключателем. В передней части корпуса сделаны отверстия для LCD-дисплея, кнопок и разъёмов для подключения адаптеров и установлены резьбовые втулки для крепления дисплея. К оставшейся передней части приклёпана фальшпанель из алюминия толщиной 1,5 мм, в которой также заранее сделаны все отверстия. В нижней части корпуса установлена алюминиевая пластина шасси размерами 135×145 мм толщиной 1,5 мм. Для крепления преобразователя к шасси установлены резьбовые втулки M3 с нижней стороны пластины, для крепления основной платы установлены резьбовые втулки M2,5 с верхней стороны пластины. Полностью собранное устройство показано на рис. 14, **рис. 29**.

Перед первым включением устройства модуль Arduino на своё место не устанавливают, LCD-дисплей, кнопки управления, вентилятор и датчик температуры на теплоотводе не подключают, движки подстроечных резисторов R40, R41, R54 и регулировочный резистор на плате преобразователя A1 надо установить в среднее положение. Подключают сетевое напряжение и измеряют мультиметром постоянное напря-

жение на конденсаторе C14, которое должно быть не менее 18 В. Измеряя постоянное напряжение на конденсаторе C41, регулировочным резистором на плате преобразователя A1 надо установить напряжение 9 В±0,25 В, затем измерить постоянное выходное напряжение стабилизатора напряжения DA3 на конденсаторе C40, которое должно быть 5 В. Подключают разъём вентилятора к разъёму XP10 на плате, вентилятор должен вращаться.

После отключения сетевого напряжения устанавливают модуль Arduino, подключают LCD-дисплей к разъёму XP5, кнопки управления — к разъёму XP6, пьезоизлучатель — к разъёму XP8, датчик температуры — к разъёму XP7, удаляют перемычку S1. Используя доступные средства программирования, подключают программатор к ISP-разъёму XP9 и подают сетевое напряжение. На модуле Arduino должен засветиться светодиод (который не удалён), а на LCD-дисплее на первой половине экрана могут наблюдаться чёрные прямоугольники. В меню программатора надо выбрать тип микроконтроллера ATmega328P и запрограммировать Fuse-биты в соответствии с **табл. 3**. В папке **Программа** выбрать файлы **Charging1_4.eep** и **Charging1_4.hex** или единый файл **Charging1_4.elf** и загрузить в микроконтроллер.

При успешной загрузке программы на время около 2 с на дисплей выводится титульное сообщение **Урзу v_1.4 2022г**, затем подаётся звуковой сигнал и отображается информация о первом в списке аккумуляторе, который по умолчанию никель-металл-гидридного типа: **Акк:1.?? Ni-Mh**. В крайней левой позиции, которая является исходной, должен быть мерцающий курсор, вопросительные знаки означают, что устройство не обнаружило адаптер для данного типа аккумулятора, потому что он ещё не был подключён и маркирован. С помощью резистора R54 надо установить необходимую контрастность изображения LCD-дисплея.

Отключают электропитание устройства, отключают программатор, устанавливают перемычку S1 на своё место. Теперь можно проверить функционирование кнопок управления. Названия кнопок управления будут соответствовать их физическому расположению — "Вверх", "Вниз", "Влево", "Вправо", "Ввод". Включают электропитание устройства и после появления строки **Акк:1.?? Ni-Mh** нажатием на кнопки "Вверх" и "Вниз" убеждаются в переключении номера аккумулятора, нажатие на кнопки "Влево" и "Вправо" приводит к перемещению курсора из исходного положения на номер и тип аккумулятора с подачей звукового сигнала.

После перемещения курсора в исходную позицию и нажатия на кнопку "Ввод" выводится первый пункт функции калибровки **Кор:1.00 0,000 В**, который пока нужно пропустить и повторным нажатием на кнопку "Ввод" войти в первый пункт функции маркировки датчиков температуры **Маркер:тест __**. Этот пункт предназначен для тестирования датчиков температуры на возможность обмена данными, с записью и считыванием номеров в EEPROM датчика. Так как уже имеется подключённый к шине датчик температуры теплоотвода, можно его протестировать и маркировать. Кнопкой "Влево" или "Вправо" надо переместить курсор на двоеточие и нажать на кнопку "Ввод". Будет происходить последовательная запись и считывание чисел от 1 до 10 в EEPROM датчика с отображением результата считывания справа на месте прочерков, последним будет записан 0. Кнопкой "Вверх" или "Вниз" производится сброс данных на дисплее.

Перемещают курсор в исходную позицию и нажимают на кнопку "Вверх" для вывода следующего пункта функции маркировки — **Маркер:счит. __**. Этот пункт предназначен только для считывания номера датчика с целью контроля или при утере информации о номере конкретного датчика. Кнопкой "Влево" или "Вправо" перемещают курсор на двоеточие и нажимают на кнопку "Ввод". Справа на месте прочерков отобразится номер датчика, кнопкой "Вверх" или "Вниз" производят сброс данных на дисплее.

Для вывода следующего пункта функции маркировки **Маркер:зап.00 __** надо переместить курсор в исходную позицию и нажать на кнопку "Вверх". Этот пункт предназначен для записи номера датчика в его EEPROM, считывания идентификатора датчика, который был присвоен ему при производстве, и сохранения идентификатора в EEPROM микроконтроллера под присвоенным номером датчика. Номер датчика определяется числом, отображаемым в данный момент нулями, на которое кнопкой "Вправо" или "Влево" перемещается курсор, и кнопками "Вверх" и "Вниз" устанавливают необходимый номер. Так как датчик температуры теплоотвода будет под номером 0, ничего изменять не нужно, переместив курсор на двоеточие и нажав на кнопку "Ввод". Справа на месте прочерков отобразится записанный номер датчика, а задаваемый номер увеличится на единицу. Это означает, что идентификатор датчика считан и сохранён в EEPROM микроконтроллера. Переместив курсор в исходную позицию, кнопкой "Вверх" или "Вниз" выбирают пункт **Маркер:тест __**. Только из этого пункта возможен выход в основной режим, для этого нажимают на кнопку "Ввод".

Далее необходимо подготовить какой-либо адаптер, отмаркировать его и осуществить действия по калибровке измерения напряжения и токов зарядки и разрядки. Маркировка и калибровка измерения напряжения необходимы для каждого адаптера, калибровка измерения токов зарядки и разрядки осуществляется только один раз с первым готовым адаптером. Для примера осуществим все операции с адаптером для двух Ni-Mh аккумуляторов типоразмера AAA. Рекомендуется заранее наклеить на адаптеры этикетки с присвоенными им номерами для каждого канала. Для Ni-Mh аккумуляторов выбирают номера 1 и 6, которые для канала 1 могут быть от 1 до 5, для канала 2 — от 6 до 10, в соответствии с табл. 2, приведённой выше.

Временно отключают уже маркированный датчик температуры теплоотвода, поскольку он не даст осуществить маркировку датчиков адаптеров. Подключают к разъёму канала 1 соответствующий разъём адаптера для первого аккумулятора. Включают электропита-



Рис. 29

Таблица 3

Fuse LOW		Fuse HIGH		Fuse EXT	
Бит	Значение	Бит	Значение	Бит	Значение
CKDIV8	1	OCDEN	1	-	-
CKOUT	1	JTAGEN	1	-	-
SUT1	1	SPIEN	0	-	-
SUT0	1	WDTON	1	-	-
CKSEL3	0	EESAVE	1	-	-
CKSEL2	1	BOOTSZ1	1	BODLEVEL2	1
CKSEL1	1	BOOTSZ0	1	BODLEVEL1	0
CKSEL0	1	BOOTRST	1	BODLEVEL0	1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ние устройства и с помощью кнопки "Ввод" переходят в функцию маркировки датчиков с выводом строки **Маркер:тест __**. Кнопкой "Влево" или "Вправо" перемещают курсор на двоеточие и нажимают на кнопку "Ввод". Будет осуществлено тестирование с записью и считыванием данных, если, конечно, датчик адаптера исправен. Если тест пройден, перемещают курсор в исходную позицию и кнопкой "Вверх" или "Вниз" выбирают пункт **Маркер:зап.00 __**. Переместив курсор на ноль слева, кнопкой "Вверх" устанавливают номер **Маркер:зап.01 __**, перемещают курсор на двоеточие и нажимают на кнопку "Ввод". Будет осуществлена маркировка и считывание заводского идентификатора датчика и сохранение в EEPROM микроконтроллера с изменением строки **Маркер:зап.02 01**. С помощью кнопки "Вверх" или "Вниз" можно сбросить данные.

Не отключая электропитания устройства, отключают разъём адаптера от разъёма канала 1 и подключают к разъёму канала 2 устройства разъём адаптера второго аккумулятора. Выбирают пункт **Маркер:тест __** и тестируют работоспособность датчика, как приведено выше. Затем из исходной позиции курсора надо выбрать пункт маркировки, переместить курсор и кнопкой "Вверх" установить номер **Маркер:зап.06 __**, установить курсор на двоеточие и нажать на кнопку "Ввод". Будет осуществлена маркировка и считывание заводского идентификатора датчика и сохранение в EEPROM микроконтроллера с изменением строки **Маркер:зап.07 06**. Переместив курсор в исходную позицию, кнопкой "Вверх" или "Вниз" выбирают пункт **Маркер:тест __** и с помощью кнопки "Ввод" выходят в основной режим и отключают электропитание устройства.

Подключают датчик температуры теплоотвода и оба разъёма адаптера к разъёмам устройства и включают электропитание. Должна появиться строка **Акк:1.01 Ni-Mh**, кнопкой "Вверх" или "Вниз" при нахождении курсора в исходной позиции переключиться на второй аккумулятор **Акк:2.06 Ni-Mh**. Это означает, что устройство опознало тип аккумуляторов и теперь готово к их обслуживанию, но прежде необходимо произвести калибровку измерителей напряжения и тока для повышения качества обслуживания.

Для процесса калибровки потребуется стабилизированный регулируемый источник питания с минимальным выходным напряжением менее 1,5 В и допустимым током нагрузки не менее 1,5 А. Также необходим мультиметр, погрешность измерения которого будет определять качество калибровки измерителей устройства. Для калибровки измерителей тока рекомендуется использовать калиброванный токоизмерительный шунт, потому что чаще всего используемые дешёвые мультиметры в режиме измерения тока не могут обеспечить требуемую точность, а в режиме измерения постоянного напряжения имеют более или менее приемлемую погрешность. В качестве дополнительного оборудования необходимы мощный проволочный переменный резистор сопротивлением 1...2 Ом и маломощный резистор сопротивлением 100 Ом. Резистор ОМЛТ-0,25 сопротивлением 10...20 Ом припаивают к разъёму BLS-2. Необходимы также соединительные провода с зажимами "крокодил".

Перед процессом калибровки надо включить устройство и подождать 15...20 мин для прогрева. Как было отмечено выше, движки подстроечных резисторов R40, R41 должны находиться в среднем положении. Устанавливают выходное напряжение источника питания 1,5...2 В, его минусовый вывод соединяют проводом с минусовым выводом адаптера первого аккумулятора с помощью зажима "крокодил". Плюсовой вывод источника надо соединить последовательно с мультиметром в режиме измерения постоянного тока с плюсовым выводом адаптера первого аккумулятора с помощью зажима "крокодил", установив предварительно на мультиметре максимальный предел измерения постоянного тока. Вращением движка резистора R40 и изменением пределов измерения мультиметра надо установить значение тока на границе его увеличения, которое должно быть в пределах 0,7...1 мА. Повторяют операцию балансировки с помощью резистора R41 для второго аккумулятора, подключив источник постоянного напряжения к его клеммам с последовательно подключённым мультиметром в режиме измерения постоянного тока.

Таблица 4

Тип аккумулятора	Напряжение калибровки, В	Зарядный и разрядный ток калибровки, А
Ni-Mh	1,5	1,25
Ni-Cd	1,5	
Li-Po	4,2	
Li-Ion	4,2	
Li-Fe	3,6	

Точки калибровки напряжений и токов указаны в **табл. 4**. Перед калибровкой измерителя напряжений обязательно при нахождении курсора в исходной позиции кнопкой "Вверх" или "Вниз" надо переключиться между каналами и убедиться, что устройство гарантированно опознало оба типа аккумулятора. Отключают разъём электронной нагрузки от разъёма XP1 и подключают к нему разъём с резистором 10...20 Ом. Нажать на кнопку "Ввод" для вывода первого пункта калибровки измерителя напряжения первого канала **Кор:1.01 0,000 В**. Затем надо установить на источнике питания напряжение около 1,5 В и подключить минусовый вывод источника к минусовому контакту первого аккумулятора адаптера с помощью зажима "крокодил". Плюсовой вывод источника соединяют последовательно с переменным резистором 100 Ом и с плюсовым контактом первого аккумулятора адаптера с помощью зажима "крокодил". Подключают к контактам адаптера первого аккумулятора с помощью зажимов "крокодил" мультиметр в режиме измерения постоянного напряжения.

Регулировкой напряжения источника питания и более плавно с помощью последовательно включённого резистора 100 Ом надо установить по мультиметру напряжение 1,5 В. Измеряемое и отображаемое устройством напряжение будет зависеть от разброса сопротивлений входного делителя, коэффициент деления которого нужно скорректировать. С помощью кнопки "Влево" или "Вправо" перемещают курсор на номер аккумулятора и нажимают на кнопку "Ввод". Коэффициент деления будет скорректирован и сохранён в EEPROM микроконтроллера под номером 1, который записан в датчик температуры, при этом показания напряжения мультиметра и устройства должны быть близкими или равными по значению. Кнопкой "Вверх" или "Вниз" можно вернуть коэффициент деления по умолчанию и затем кнопкой "Ввод" повторно произвести коррекцию делителя напряжения, при желании делая это неограниченное число раз.

Отключить источник питания и мультиметр от контактов первого аккумулятора и подключить к контактам второго аккумулятора. Отключить разъём с резистором 10...20 Ом от разъёма XP1 и подключить к нему разъём электронной нагрузки, соблюдая полярность. Отключить другой разъём электронной нагрузки от разъёма XP2 и подключить к нему разъём с резистором 10...20 Ом. Перемещают курсор в исходную позицию, и кнопкой "Вверх" выводят пункт калибровки напряжения второго канала **Кор:2.06 0,000 В**. Регулировкой напряжения источника питания и более плавно с помощью последовательно включённого резистора 100 Ом надо установить по мультиметру напряжение 1,5 В. С помощью кнопки "Влево" или "Вправо" перемещают курсор на номер аккумулятора и нажимают на кнопку "Ввод". Коэффициент деления будет скорректирован и сохранён в EEPROM микроконтроллера под номером 6, который записан в датчик температуры. Отключают источник питания и мультиметр от контактов второго аккумулятора, отключают разъём с резистором 10...20 Ом от разъёма XP2 и подключают к нему разъём электронной нагрузки, соблюдая полярность.

Калибровка измерителей напряжения для адаптеров с аккумуляторами других типов производится аналогично по методике, приведённой выше, с той лишь разницей, что напряжение калибровки для Li-Po и Li-Ion аккумуляторов составляет 4,2 В, для Li-Fe аккумуляторов составляет 3,6 В, как указано в табл. 4. Далее необходимо провести калибровку измерителей зарядного и разрядного токов, для чего в устройстве используются отдельные токоизмерительные резисторы для каждого канала. Для этого надо установить курсор в исходную позицию и кнопкой "Вверх" вывести пункт калибровки тока зарядки первого канала **Кор:1з 0,000 А.** Установить минимальное напряжение ис-

точника питания, плюсовой вывод источника подключить к минусовому контакту первого аккумулятора адаптера с помощью зажима "крокодил". Минусовый вывод источника надо соединить последовательно с мощным переменным резистором 1...2 Ом с токоизмерительным шунтом или, если его нет, с минусовым выводом мультиметра в режиме измерения постоянного тока на пределе измерения не менее 2 А. Другой вывод токоизмерительного шунта или плюсовой вывод мультиметра подключить к минусовому контакту второго аккумулятора адаптера с помощью зажима "крокодил".

Если используется токоизмерительный шунт, надо подключить параллельно с ним мультиметр в режиме измерения постоянного напряжения и подготовить калькулятор для расчёта тока по результатам измерения напряжения мультиметром. Регулировкой напряжения источника питания и более плавно с помощью последовательно включённого переменного резистора 1...2 Ом установить по контрольному мультиметру ток 1,25 А. При использовании токоизмерительного шунта установить ток по показаниям падения напряжения на шунте по формуле I = U×R, где U — падение напряжения на шунте, измеренное мультиметром; R — сопротивление токоизмерительного шунта. Измеритель тока устройства отобразит значение тока без учёта погрешности, вызванной отклонением сопротивления токоизмерительного резистора устройства. С помощью кнопки "Влево" или "Вправо" надо переместить курсор на номер канала и нажать на кнопку "Ввод". Будет рассчитано сопротивление токоизмерительного резистора зарядки для первого канала с учётом отклонения и сохранено в EEPROM микроконтроллера. Кнопкой "Вверх" или "Вниз" можно вернуть значение сопротивления токоизмерительного резистора по умолчанию и затем кнопкой "Ввод" повторно произвести его коррекцию сколь угодно раз.

Уменьшают выходное напряжение источника питания до минимума и меняют местами подключённые концы к минусовым контактам адаптера, устанавливают курсор в исходную позицию и с помощью кнопки "Вверх" выводят на табло индикатора пункт калибровки тока зарядки второго канала **Кор:2з 0,000 А**. Регулировкой напряжения источника питания и более плавно с помощью последовательно включённого переменного резистора 1...2 Ом надо установить по контрольному мультиметру ток 1,25 А. Действия при использовании токоизмерительного шунта освещены выше. Измеритель тока устройства отобразит значение тока без учёта погрешности, вызванной отклонением сопротивления токоизмерительного резистора устройства. С помощью кнопки "Влево" или "Вправо" перемещают курсор на номер канала и нажимают на кнопку "Ввод". Будет рассчитано сопротивление токоизмерительного резистора зарядки для второго канала с учётом отклонения и сохранено в EEPROM микроконтроллера, при этом показания тока мультиметром и устройством должны быть близкими или равными по значению.

Уменьшают выходное напряжение источника питания до минимума, минусовый вывод источника питания оставляют подключённым к минусовому контакту первого аккумулятора адаптера, а плюсовой вывод источника питания с последовательно включённым переменным резистором 1...2 Ом и мультиметром в режиме измерения постоянного тока или токоизмерительным шунтом подключают к плюсовому контакту первого аккумулятора адаптера. Устанавливают курсор в исходную позицию и кнопкой "Вверх" выводят пункт калибровки тока разрядки первого канала **Кор:1р 0,000 А**. Затем надо установить выходное напряжение источника питания 3...3,5 В и с помощью кнопки "Влево" или "Вправо" переместить курсор на сотые и тысячные доли значения тока. Кнопкой "Вверх" или "Вниз" можно устанавливать ток разрядки с шагом, зависимым от положения курсора на сотых или тысячных долях тока. Регулируя ток кнопками и более плавно переменным резистором 1...2 Ом, устанавливают по контрольному мультиметру ток 1,25 А. Измеритель тока устройства отобразит значение тока без учёта погрешности, вызванной отклонением сопротивления токоизмерительного резистора устройства. С помощью кнопки "Влево" или "Вправо" перемещают курсор на номер канала и нажимают на кнопку "Ввод". Будет рассчитано сопротивление токоизмерительного резистора разрядки для первого канала с учётом отклонения и сохранено в EEPROM микроконтроллера. Увеличивают напряжение источника питания в 2...3 раза и убеждаются, что ток стабилен и изменяется не более чем на ±5 мА. Вернув напряжение источника питания в интервал 3...3,5 В, кнопкой "Влево" или "Вправо" надо переместить курсор на сотые и тысячные доли значения тока и кнопкой "Вверх" или "Вниз" уменьшить ток разрядки до нуля.

Переключают концы источника питания с контактов первого аккумулятора на контакты второго аккумулятора адаптера. Установив курсор в исходную позицию, кнопкой "Вверх" выводят на табло индикатора пункт калибровки тока разрядки второго канала **Кор:2р 0,000 А**. Затем надо выполнить все действия по калибровке разрядного тока, перечисленные выше.

Отключив цепи источника питания от адаптера, перемещают курсор в исходную позицию, кнопкой "Вверх" выбирают пункт **Кор:1.01 0,000 В**. Для завершения процесса калибровки измерителей надо нажать на кнопку "Ввод" для выхода в режим маркировки, затем нажать ещё раз для выхода в основной режим. При изготовлении новых адаптеров будет необходимо выполнить маркировку датчиков и калибровку только измерителей напряжения. Необходимо также помнить, что при повторной загрузке программы в микроконтроллер все пункты калибровки придётся выполнить снова.

Перед началом обслуживания аккумуляторов надо подключить нужные адаптеры в соответствии с назначенными им номерами, так как часть номеров определена для первого канала, а часть — для второго. Одновременно можно обслуживать как однотипные, так и разнотипные аккумуляторы, определив их тип, ёмкость и режим обслуживания из меню. При включении устройства по умолчанию осуществляется поиск Ni-Mh аккумуляторов. Если подключены адаптеры для других типов аккумуляторов, необходимо выполнить их поиск вручную из меню кнопками управления. Предположим, что к первому каналу подключён адаптер Li-Ion аккумулятора с маркировкой **1.32**, а ко второму каналу подключён адаптер Li-Po аккумулятора с маркировкой **2.26**. При включении электропитания выводится строка **Акк:1.?? NI_MH**, кнопкой "Влево" или "Вправо" надо переместить курсор на тип аккумулятора, кнопкой "Вверх" или "Вниз" выбрать нужный тип аккумулятора до появления строки **Акк:1.32 LI-ION**. Переместив курсор в исходную позицию, кнопкой "Вверх" или "Вниз" переключаются на второй аккумулятор с выводом строки **Акк:2.?? NI-MH**. Кнопкой "Влево" или "Вправо" надо переместить курсор на тип аккумулятора и кнопкой "Вверх" или "Вниз" выбрать нужный тип аккумулятора до появления строки **Акк:2.26 LI-PO**. Переместив курсор в исходную позицию, переключаются на первый аккумулятор **Акк:1.32 LI-ION**, теперь можно подключить выбранные типы аккумуляторов к своим адаптерам.

Только после определения типа и номера аккумулятора появится возможность выбора параметров обслуживания. Для этого надо установить курсор на номер аккумулятора и кнопкой "Вверх" вывести строку определения ёмкости аккумулятора **Акк:1 00100 мАч**. Как видно, по умолчанию задана ёмкость 100 мА·ч, не рекомендуется использовать устройство для обслуживания аккумуляторов меньше этой ёмкости, хотя программно ёмкость ограничена 50 мА·ч. Кнопкой "Влево" или "Вправо" надо переместить курсор на значение ёмкости и установить её с помощью кнопки "Вверх" или "Вниз".

Затем устанавливают курсор на номер аккумулятора и кнопкой "Вверх" выводят строку определения режима обслуживания аккумулятора **Акк:1 раз./зар.**, перемещают курсор на меню выбор режима и копкой "Вверх" или "Вниз" выбирают нужный режим обслуживания из меню, пользуясь **табл. 5**.

После определения режима надо переместить курсор на номер аккумулятора и кнопкой "Вверх" вывести строку запуска процесса обслуживания **Акк:1 запуск**, затем нажать на кнопку "Ввод". На табло появится строка **Акк:1 поиск**, при этом происходит процесс обнаружения подключённого аккумулятора как по напряжению, так и по току. Если первый аккумулятор по каким-либо причинам не был подключён к адаптеру или не обеспечен должный контакт, выводится строка **Акк:1 отключен** с подачей звуковых сигналов. В течение 10...20 с необходимо подключить аккумулятор или восстановить контакт, иначе произойдёт сброс всех выбранных параметров обслуживания с выводом исходной строки по умолчанию, и придётся задать все параметры снова.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Таблица 5

Пункт режима обслуживания	Описание режима
Разрядка/зарядка	Полный режим обслуживания с выводом протокола с предварительной разрядкой аккумулятора и последующей зарядкой. Рекомендуется как основной для всех типов аккумуляторов, особенно для Ni-Mh и Ni-Cd
Разрядка	Только режим разрядки с выводом протокола, например с целью хранения Ni-Mh и Ni-Cd аккумуляторов. А также рекомендуется для периодического определения энергетических качеств находящихся в эксплуатации аккумуляторов в возможности отдачи заряда после полной зарядки
Зарядка	Только режим зарядки с выводом протокола, допустим для всех типов аккумуляторов, для Ni-Mh и Ni-Cd только полностью разряженных. Режим не рекомендуется для полузаряженных Ni-Mh и Ni-Cd аккумуляторов, так как критерии окончания зарядки очень специфичны и при плохом качестве аккумуляторов могут не сработать и вызвать сильный перегрев
Продолжить	Продолжение отложенного процесса обслуживания аккумулятора. Этот пункт появляется в меню только после отложенного процесса обслуживания с сохранением параметров
Сбросить	Сброс параметров отложенного ранее процесса обслуживания аккумулятора. Этот пункт появляется в меню только после отложенного процесса обслуживания с сохранением параметров

Таблица 6

Статус	Описание статуса
1	Предварительная зарядка, используется в основном для Ni-Mh и Ni-Cd аккумуляторов с целью выявления способности брать заряд
2	Основная зарядка максимально допустимым током для всех аккумуляторов
3	Дозарядка малым током
4	Зарядка окончена
5	Предварительная разрядка, используется в основном для Ni-Mh и Ni-Cd аккумуляторов с целью выявления способности отдавать заряд
6	Основная разрядка максимально допустимым током для всех аккумуляторов
7	Доразрядка малым током, для Ni-Mh и Ni-Cd аккумуляторов восстанавливающая разрядка
8	Разрядка окончена
9	Брак аккумулятора

Таблица 7

Параметр	Описание текущих параметров разрядки
Акк:16р -0506 мА	Ток разрядки аккумулятора
Акк:16р 04,110 В	Напряжение аккумулятора
Акк:1р -00068 мАч	Заряд, отданный аккумулятором
Акк:1р 0,253 Ом	Внутреннее сопротивление аккумулятора
Акк:1р тмп 28°С	Температура аккумулятора
Акк:1 01000 мАч	Заданная ёмкость аккумулятора
Акк:1.32 Li-Ion	Заданный тип аккумулятора
Акк:1р отменить	Отмена текущего процесса без сохранения параметров
Акк:1р отложить	Временная остановка текущего процесса с сохранением параметров. Если уже имеется отложенный ранее процесс обслуживания, этот пункт отображаться не будет

При обнаружении аккумулятора и выбранном для примера режиме **раз./зар.** выводится строка **Акк:16р -0000 мА**, которая отображает текущее значение тока разрядки, режим разрядки обозначается символом **р** и минусом перед значением тока. Ток разрядки будет увеличиваться плавно с определённым шагом до максимального, в зависимости от типа аккумулятора, ёмкости и текущего статуса процесса обслуживания, который отображается в виде числа, следующего за номером аккумулятора, в соответствии с **табл. 6**. Статус отображается только при выводе текущих значений токов и напряжений аккумулятора.

Отображаемый статус будет информировать, в каком примерно месте находится процесс обслуживания аккумулятора. При установке курсора на номер аккумулятора кнопкой "Вверх" или "Вниз" возможен просмотр текущих параметров процесса обслуживания, а также двух пунктов параметров для завершения процесса в соответствии с **табл. 7**, в которой приведены примерные их значения.

При достижении условий окончания разрядки первого аккумулятора устройство автоматически переключится в режим зарядки с выводом строки **Акк:12з 0000 мА**. Ток зарядки будет плавно увеличиваться с определённым шагом до значения, определяемого типом аккумулятора, его ёмкостью и текущим статусом. Аналогично процессу разрядки можно просматривать текущие параметры зарядки, установив курсор на номер аккумулятора.

Для определения режима обслуживания второго аккумулятора из исходной позиции надо переключиться на строку **Акк:2.26 Li-Po**, переместить курсор на номер аккумулятора и кнопкой "Вверх" вывести строку **Акк:2 00100 мАч** и установить ёмкость аккумулятора, затем вывести строку выбора режима обслуживания **Акк:2 раз./зар.** и выбрать режим **зарядка**. Далее вывести строку запуска процесса **Акк:2 запуск** и нажать на кнопку "Ввод". Выводится строка **Акк:2 поиск**. Если аккумулятор надёжно подключён к адаптеру, он будет обнаружен, и устройство перейдёт к процессу зарядки с выводом строки **Акк:22з 0000 мА**. Ток зарядки будет плавно увеличиваться с определённым шагом, в процессе обслуживания можно просматривать текущие параметры зарядки в соответствии с **табл. 8**, установив курсор на номер аккумулятора и используя кнопку "Вверх" и "Вниз". В таблице приведены примерные значения параметров.

При достижении условий окончания зарядки аккумуляторов устройство выводит строку сообщения **Акк:1 заряжен** или **Акк:2 заряжен** и формирует звуковые сигналы с длительными паузами, оставляя небольшой ток через аккумуляторы для фиксации их отключения от адаптеров. Даже при одновременном достижении условий окончания зарядки устройство обеспечит очерёдность сигнализации окончания процесса. При отключении аккумулятора от адаптера устройство сформирует и сохранит протокол параметров процесса и перейдёт в исходное состояние. При выборе режима только разрядки и при достижении конечных её условий устройство выводит сообщение **Акк:1 разряжен** или **Акк:2 разряжен**, в остальном всё происходит так же, как и при завершении зарядки.

При необходимости отмены процесса обслуживания, например, надо отменить зарядку первого аккумулятора, выбирают пункт параметров **Акк:1з отменить** и нажимают на кнопку "Ввод", дождавшись вывода сообщения **Акк:1 остановка** и затем вывода сообщения **Акк:1 отключить** с подачей звуковых сигналов. При отключении аккумулятора от адаптера первый канал перейдёт в исходное состояние. При необходимости отложить процесс зарядки первого аккумулятора на некоторое время надо выбрать пункт параметров **Акк:1 отложить** и нажать на кнопку "Ввод", дождаться вывода сообщения **Акк:1 остановка** и затем вывода сообщения **Акк:1 отключить** с подачей звуковых сигналов. При отключении аккумулятора от адаптера будут сохранены все текущие параметры и режимы, и первый канал перейдёт в исходное состояние. Пункт меню откладывания процесса обслуживания теперь выводиться не будет, но появятся два пункта в меню режимов для продолжения или сброса параметров отложенного процесса.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Для продолжения ранее отложенного процесса обслуживания, например первого аккумулятора, надо определить его тип, переместить курсор на номер аккумулятора и кнопкой "Вверх" или "Вниз" выбрать пункт режимов **Акк:1 раз./зар.**, переместить курсор в меню режимов и кнопкой "Вверх" или "Вниз" выбрать пункт **Акк:1 продолжить** и нажать на кнопку "Ввод". Устройство выводит строку **Акк:1 запуск**, и нужно повторно нажать на кнопку "Ввод" для продолжения ранее отложенного процесса. Если по каким-либо причинам отложенный ранее процесс обслуживания первого аккумулятора необходимо удалить, так как сохранённые данные блокируют появление пункта меню для откладывания процесса обслуживания, в меню режимов выбирают пункт **Акк:1 сбросить** и нажимают на кнопку "Ввод". При этом сохранённые ранее параметры будут удалены. Использование любого из этих двух пунктов в меню режимов блокирует их появление до следующего отложенного процесса и разблокирует появление пункта в меню текущих параметров для откладывания процессов обслуживания.

В процессе обслуживания возможна ситуация пропадания электрического контакта с аккумулятором в адаптере. Устройство обнаружит эту ситуацию с выводом строки **Акк:1 отключен** или **Акк:2 отключен** и частыми звуковыми сигналами. После устранения пропадания электрического контакта через некоторое время процесс обслуживания продолжится без каких-либо нарушений. Но эта ситуация возможна не только при пропадании электрического контакта, но и при некачественном аккумуляторе с большим внутренним сопротивлением, при этом даже небольшие токи зарядки или разрядки могут вызвать выход напряжений за допустимые пределы, а устройство может воспринять это как отсутствие электрического контакта с аккумулятором. Аналогичная ситуация может произойти с некачественными аккумуляторами со встроенной системой защиты, когда защита может сработать раньше времени и разорвать цепь зарядки или разрядки. Если по истечении времени цепь не восстанавливается, остаётся только отключить аккумулятор от адаптера и нажать на кнопку "Ввод" для прерывания процесса обслуживания отключённого аккумулятора, которое произойдёт через некоторое время.

Только после полного завершения обслуживания в заданном режиме, например с выводом сообщения **Акк:1 заряжен** или **Акк:1 разряжен**, формируется протокол всех доступных параметров и сохраняется в EEPROM микроконтроллера. Протоколы формируются отдельно как для первого аккумулятора, так и для второго. Примерный список параметров протокола для первого аккумулятора приведён в **табл. 9**.

Для просмотра протокола при полном окончании обслуживания аккумулятора следует выбрать нужный номер аккумулятора и определить его тип. Причём подключённый адаптер для определённого типа аккумулятора не обязательно должен совпадать с типом аккумулятора в протоколе. Переместив курсор на номер аккумулятора, кнопкой "Вверх" или "Вниз" выбирают пункт **Акк:1 протокол** и нажимают на кнопку "Ввод". Выводится первый пункт протокола в соответствии с табл. 9, просмотр осуществляется с помощью кнопок "Вверх" и "Вниз". Для выхода из протокола надо снова нажать на кнопку "Ввод" в любом пункте протокола. Аналогично выводится протокол для второго аккумулятора.

Во время процесса разрядки или зарядки можно проверить работу регулятора мощности вентилятора охлаждения. Проще всего это можно сделать с помощью мультиметра и паяльника. При отключённом электропитании устройства надо подключить мультиметр в режиме измерения постоянного напряжения на пределе не менее 20 В параллельно вентилятору на разъёме XP10, исключая возможность замыкания. Включить электропитание устройства и убедиться в наличии напряжения и вращении вентилятора. Запустить временный процесс обслуживания аккумулятора либо зарядку, либо разрядку и горячим паяльником нагревать металлический прижим датчика температуры на теплоотводе, но ни в коем случае не греть сам датчик. Нужно проявить терпение, так как датчик температуры опрашивается с периодом около 10 с, и затем проследить, как постепенно будут увеличиваться напряжение и обороты вентилятора при нагревании и уменьшаться при остывании.

Теперь рассмотрим особенности обслуживания аккумуляторов в зависимости от их типа. Ni-Mh и Ni-Cd имеют одинаковый алгоритм обслуживания и могут обслуживаться в любом из этих типов с подходящим адаптером. Их разделение вызвано необходимостью дальнейшего усовершенствования устройства с учётом их типовых особенностей. Зарядка Ni-Mh и Ni-Cd аккумуляторов начинается с предварительной зарядки током 0,1С, где С — ёмкость аккумулятора, для определения их способности брать заряд. Если переданный аккумулятору заряд составляет 0,33 % от его ёмкости и его напряжение более 1000 мВ, осуществляется переход в основной режим зарядки, если же переданный аккумулятору заряд составляет 1 % и более от ёмкости, а напряжение не превысило 1000 мВ, то осуществляется выход из процесса обслуживания, например с выводом сообщения: **Акк:1 брак!**. При этом необходимо просто отключить аккумулятор от адаптера для завершения процесса.

В режиме основной зарядки устройство плавно повышает ток до значения 1С, автоматически поддерживая его в этих пределах с минимальными отклонениями. Постоянно контролируется температура аккумулятора, если она достигает 40 °С и выше, ток уменьшается до 0,25С до снижения температуры ниже 40 °С, после чего ток восстанавливается до 1С. Такой нагрев чаще всего вызван высоким внутренним сопротивлением аккумулятора. Производители

Таблица 8

Параметр	Описание текущих параметров зарядки
Акк:22з 0420 мА	Ток зарядки аккумулятора
Акк:22з 03,320 В	Напряжение аккумулятора
Акк:2з 00020 мАч	Заряд, полученный аккумулятором
Акк:2з 0,163 Ом	Внутреннее сопротивление аккумулятора
Акк:2з тмп 29°С	Температура аккумулятора
Акк:2 00850 мАч	Заданная ёмкость аккумулятора
Акк:2.26 Li-Po	Заданный тип аккумулятора
Акк:2з отменить	Отмена текущего процесса без сохранения параметров
Акк:2з отложить	Временная остановка текущего процесса с сохранением параметров. Если уже имеется отложенный ранее процесс обслуживания, этот пункт отображаться не будет

Таблица 9

Параметр	Описание параметров протокола
Акк:1.32 Li-Ion	Тип обслуживаемого аккумулятора и номер датчика
Акк:1 01000 мАч	Ёмкость аккумулятора
Акк:1р 04,093 В	Начальное напряжение аккумулятора при разрядке
Акк:1р 02,997 В	Конечное напряжение аккумулятора при разрядке
Акк:1р -0521 мА	Максимальный ток разрядки
Акк:1р -0005 мА	Минимальный ток в конце разрядки
Акк:1р -00974 мАч	Заряд, отданный аккумулятором
Акк:1р 0,152 Ом	Минимальное внутреннее сопротивление аккумулятора при разрядке
Акк:1р тмп 31°С	Максимальная температура аккумулятора при разрядке
Акк:1р прг 3°С	Температура перегрева аккумулятора от начала разрядки
Акк:1з 03,009 В	Начальное напряжение аккумулятора при зарядке
Акк:1з 04,204 В	Конечное напряжение аккумулятора при зарядке
Акк:1з 0509 мА	Максимальный ток зарядки
Акк:1з 0008 мА	Минимальный ток в конце зарядки
Акк:1з 01011 мАч	Заряд, полученный аккумулятором
Акк:1з 0,146 Ом	Минимальное внутреннее сопротивление аккумулятора при зарядке
Акк:1з тмп 32°С	Максимальная температура аккумулятора при зарядке
Акк:1з прг 4°С	Температура перегрева аккумулятора от начала зарядки

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

рекомендуют утилизировать аккумуляторы с внутренним сопротивлением более 0,3 Ом. Высокое внутреннее сопротивление может вызвать большое падение напряжения на аккумуляторе с превышением лимита 1800 мВ, в этой ситуации зарядный ток будет ограничен до превышения лимита. При получении аккумулятором заряда более 0,8С начнёт контролироваться скорость изменения температуры и напряжения аккумулятора за одну минуту. Этот параметр назван дельтой, который сообщает о полной зарядке аккумулятора, и гарантированно может сработать при токе зарядки 1С на аккумуляторах только хорошего качества. Если при токе зарядки 1С скорость роста температуры аккумулятора больше 0,8 °С в минуту, а скорость роста напряжения 0 мВ в минуту, устройство переключает аккумулятор в режим дозарядки. Если дельта не была обнаружена, переключение в режим дозарядки осуществляется при получении аккумулятором заряда 1,05С или при перегреве аккумулятора выше 40 °С. Режим дозарядки осуществляется током 0,1С в течение 5...10 мин с последующим выводом, например, следующего сообщения **Акк:1 заряжен**.

Режим разрядки начинается плавным увеличением разрядного тока до 0,25С с целью определения остаточного заряда в аккумуляторе. Если аккумулятор отдал 1 % заряда от ёмкости и при этом напряжение аккумулятора выше 1050 мВ, устройство осуществляет перевод процесса разрядки в основной режим. Ток разрядки плавно увеличивается до 0,5С, автоматически поддерживая его в этих пределах с минимальными отклонениями. При перегреве аккумулятора выше 40 °С ток разрядки уменьшается до 0,25С. При высоком внутреннем сопротивлении напряжение аккумулятора может опускаться ниже предельного значения 700 мВ, ток разрядки будет снижаться, чтобы напряжение на аккумуляторе не падало ниже предела. При снижении напряжения аккумулятора до 1050 мВ устройство осуществляет перевод процесса в восстанавливающий режим.

Максимальный ток в этом режиме ограничен значением 0,2С с последующим снижением до минимального значения при снижении напряжения аккумулятора до 800 мВ. Суть восстанавливающего режима заключается в разрядке аккумулятора до минимально возможного напряжения с целью растворения солей электролита, которые осаждаются на внутренних стенках корпуса. Производители рекомендуют для восстановления разряжать аккумулятор до напряжения 400 мВ. Но данное устройство не имеет такой возможности из-за грубой регулировки малых токов, где для восстановления необходима регулировка токов как минимум на уровне десятков микроампер. Поэтому в устройстве минимальное напряжение разряженного аккумулятора составляет 800 мВ при токе менее 0,01С или 10 мА, при этом, в зависимости от выбранного режима, устройство переключится на зарядку аккумулятора или завершит процесс выводом, например, следующего сообщения: **Акк:1 разряжен**.

Li-Po и Li-Ion аккумуляторы имеют одинаковый алгоритм обслуживания и могут обслуживаться в любом из этих типов с подходящим адаптером. Их разделение вызвано необходимостью дальнейшего усовершенствования устройства с учётом их типовых особенностей. Зарядка начинается плавным увеличением тока до 0,5С, автоматически поддерживая его в этих пределах с минимальными отклонениями. Высокое внутреннее сопротивление аккумулятора может привести к нагреву, при температуре аккумулятора 40 °С и выше ток зарядки снижается до 0,25С. Предел максимального напряжения на аккумуляторе из-за высокого внутреннего сопротивления ограничен 4300 мВ, при превышении которого будет снижение зарядного тока. Этот предел напряжения особенно необходим при наличии узла защиты в составе аккумулятора. Если при получении аккумулятором заряда 5 мА·ч напряжение не превысило 3000 мВ, осуществляется выход из процесса обслуживания, например с таким выводом сообщения: **Акк:1 брак!**. Необходимо просто отключить аккумулятор от адаптера для завершения процесса.

При достижении напряжения аккумулятора 4190 мВ устройство переводит процесс в режим дозарядки с ограничением максимального тока зарядки до уровня 0,25С. При достижении напряжения на аккумуляторе 4200 мВ ток зарядки будет снижаться, для удержания напряжения на этом уровне и при токе менее 0,01С или 10 мА осуществляется выход из процесса зарядки с выводом, например, следующего сообщения: **Акк:1 заряжен**.

Разрядка Li-Po и Li-Ion аккумуляторов начинается плавным увеличением тока до 0,5С, автоматически поддерживая его в этих пределах с минимальными отклонениями. Высокое внутреннее сопротивление аккумулятора может привести к нагреву, поэтому при температуре аккумулятора 40 °С и выше ток разрядки снижается до 0,25С. Предел минимального напряжения на аккумуляторе из-за высокого внутреннего сопротивления ограничен на уровне 2800 мВ, при достижении этого напряжения будет снижение разрядного тока. Этот предел напряжения особенно необходим при наличии защиты в составе аккумулятора. При достижении напряжения аккумулятора 3300 мВ устройство переводит процесс в режим доразрядки с ограничением максимального тока зарядки до уровня 0,2С. При достижении напряжения на аккумуляторе 3000 мВ ток разрядки будет снижаться, для удержания напряжения на этом уровне и при токе менее 0,01С или 10 мА, в зависимости от выбранного режима, устройство переключится на зарядку аккумулятора или осуществится выход из процесса разрядки с выводом, например, следующего сообщения: **Акк:1 разряжен**.

Зарядка Li-Fe аккумуляторов начинается плавным увеличением тока до 1С, автоматически поддерживая его в этих пределах с минимальными отклонениями. Высокое внутреннее сопротивление аккумулятора может привести к нагреву, при температуре аккумулятора 40 °С и выше ток зарядки снижается до 0,25С. Лимит максимального напряжения на аккумуляторе из-за высокого внутреннего сопротивления ограничен на уровне 3750 мВ, при превышении которого будет снижение зарядного тока. Если при получении аккумулятором заряда 5 мА·ч его напряжение не превысило 2400 мВ, осуществляется выход из процесса обслуживания, например, с таким выводом сообщения: **Акк:1 брак!**. Необходимо просто отключить аккумулятор от адаптера для завершения процесса.

При достижении напряжения аккумулятора 3600 мВ устройство переводит процесс в режим дозарядки с ограничением максимального тока зарядки до уровня 0,25С. При достижении напряжения на аккумуляторе 3650 мВ ток зарядки будет снижаться, для удержания напряжения на этом уровне и при токе менее 0,01С или 10 мА осуществляется выход из процесса зарядки с выводом, например, следующего сообщения: **Акк:1 заряжен**.

Разрядка Li-Fe аккумуляторов начинается плавным увеличением тока разрядки до 1С автоматически, поддерживая его в этих пределах с минимальными отклонениями. Внутреннее сопротивление аккумулятора может привести к нагреву, и при температуре аккумулятора 40 °С и выше ток разрядки снижается до 0,25С. Лимит минимального напряжения на аккумуляторе из-за внутреннего сопротивления ограничен на уровне 2300 мВ, при достижении этого напряжения произойдёт снижение разрядного тока. При достижении напряжения аккумулятора 2800 мВ устройство переводит процесс в режим доразрядки с ограничением максимального тока зарядки до уровня 0,25С. При достижении напряжения на аккумуляторе 2400 мВ ток разрядки будет снижаться для удержания напряжения на этом уровне и при токе менее 0,01С или 10 мА, в зависимости от выбранного режима, устройство переключится на зарядку аккумулятора или осуществится выход из процесса разрядки с выводом, например, следующего сообщения: **Акк:1 разряжен**.

Пока изготавливалось и отлаживалось это зарядное устройство, в эксплуатации появились аккумуляторы других типов, что, естественно, вызывает необходимость усовершенствования устройства. Поэтому можно с уверенностью сказать, что продолжение будет.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Дымов А.** Разрядно-зарядное устройство для Ni-Cd и Ni-MH аккумуляторов. — Радио, 2013, № 5, с. 24—26; № 6, с. 29—33.

2. **Дымов А.** Подставка-регулятор для паяльника. — Радио, 2017, № 1, с. 29—31.

__От редакции__. Упомянутые файлы для программирования микроконтроллера, а также чертежи печатной платы в авторском и редакционном вариантах находятся по адресу ***http://ftp.radio.ru/pub/2022/11/charging.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Сумеречное реле на микроконтроллере

В. АФОНИН, пос. Стрельна, Санкт-Петербург

Это устройство может управлять включением или выключением освещения с помощью нормально разомкнутых контактов реле. Основа сумеречного реле (**рис. 1**) — микроконтроллер DD1 (PIC12F675-I/SN), датчик освещения — фоторезистор, который подключают к контактам XT1, XT2.

В микроконтроллере для определения момента перехода напряжения на фоторезисторе (освещении) через пороговое значение использован встроенный компаратор. При его переключении изменяется пороговое напряжение для создания гистерезиса, что позволяет избежать ложных срабатываний при изменении освещённости вблизи порогового значения. Дополнительно в программе предусмотрена защита от ложного срабатывания при кратковременных засветках в тёмное время и затенениях в светлое время. Время анализа составляет 45 с. Переключение реле происходит после 45 с стабильного состояния фоторезистора. Светодиод HL1 сигнализирует о работе реле короткими вспышками с периодом в 5 с, одиночными — во время установившегося состояния и двойными — во время изменения освещённости.

Налаживание устройства производят при установленной перемычке S1. С помощью резистора R2 устанавливают момент включения реле при пороговом освещении.

Питается устройство от сети 230 В через гасящий конденсатор C5 и резистор R8. Стабилитрон VD3 ограничивает напряжение до 24 В для питания реле K1, а со стабилитрона VD1 снимается напряжение 5 В для питания микроконтроллера DD1.

В устройстве применено реле TRV-24VDC-SC-CD [1] с номинальным напряжением 24 В и сопротивлением катушки 1280 Ом, его можно заменить аналогичным реле серии TRJ. Фоторезистор — серии VT9xx или GL55xx [2]. Постоянные резисторы — МЛТ, С2-23, подстроечный резистор — многооборотный серии 3296. Транзистор 2SC1815 можно заменить транзистором серии КТ315 с допустимым напряжением коллектор—эмиттер не менее 25 В. Стабилитрон VD3 должен быть с напряжением стабилизации 24 В и допустимой мощностью рассеивания не менее 1 Вт. Конденсатор C5 — плёночный импортный, он должен быть рассчитан на работу при переменном напряжении не менее 250 В, оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные, остальные — керамические К10-17 или импортные.

Регулятор смонтирован на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Чертёж платы и размещение на ней элементов показаны на **рис. 2**. Программа для микроконтроллера написана в бесплатной программе MikroC Pro. Загрузить версию MikroC Pro 6.6.3 можно по адресу <**https://download.mikroe.com/setups/compilers/mikroc/pic/mikroc-pic-setup-v663.zip**>.

ВНИМАНИЕ! При работе с устройством необходимо соблюдать меры предосторожности, потому что его элементы, в том числе и фоторезистор, находятся под напряжением сети 230 В.

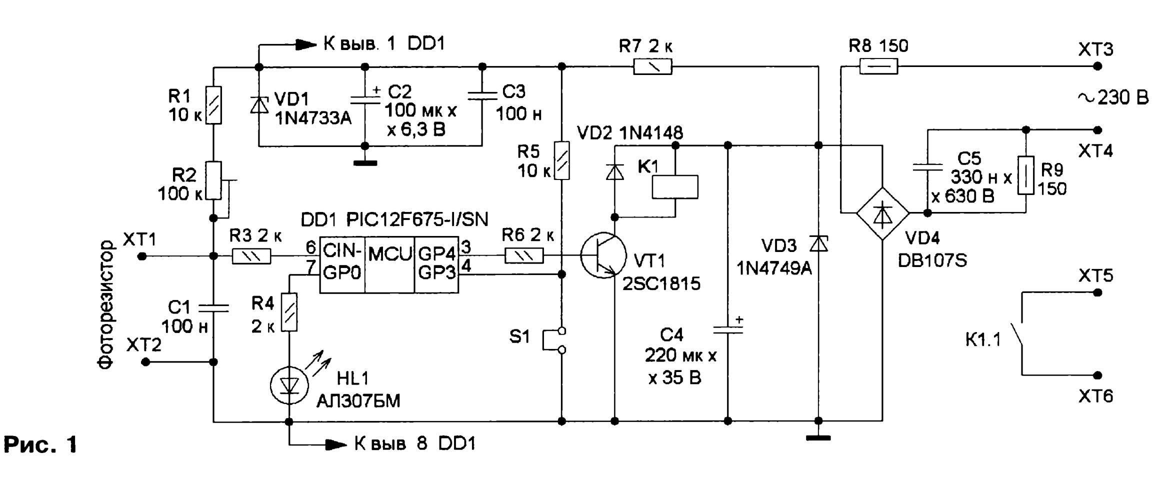
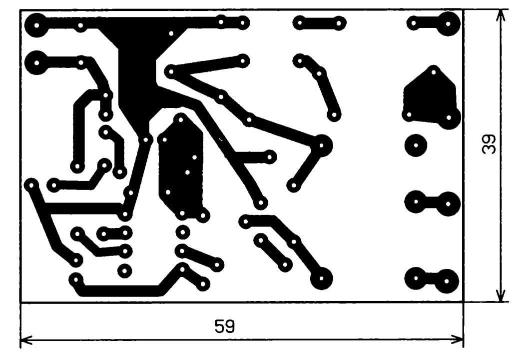


Рис. 1



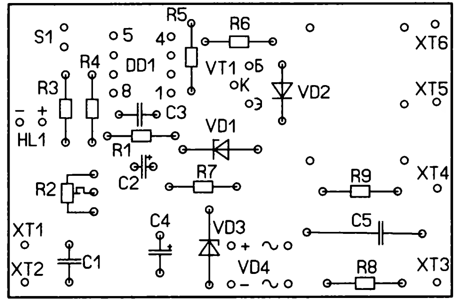


Рис. 2

ЛИТЕРАТУРА

1. TRV-24VDC-SC-CD-R. — URL: **https://www.electronshik.ru/item/TS/TRV-24VDC-SC-CD-R** (14.09.22).
2. GL55 Series Photoresistor. — URL: **https://2150692.ru/files/gl55xx.pdf** (14.09.22).

От редакции. Файлы для программирования микроконтроллера и чертёж печатной платы находятся по адресу ***http://ftp.radio.ru/pub/2022/11/rele.zip*** на нашем FTP-сервере.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Блок управления и защиты системы водоснабжения

В. КРАВЦОВ, г. Новороссийск Краснодарского края

Владельцы дачных участков или сельские жители, занимающиеся растениеводством и использующие для полива воду из колодцев или водозаборных скважин, знают, что поливать растения напрямую из скважины нельзя. Температура воды для полива должна быть не менее 20...25 °С. Чаще всего эту проблему решают путём установки накопительной ёмкости, прогреваемой солнцем, которую заполняют водой из источника с помощью специального насоса.

Предлагаемый блок управления и защиты предназначен для автоматизации процесса наполнения водой накопительной ёмкости с помощью насоса, установленного в колодце или водозаборной скважине. Для защиты насоса от перегрева в случае аварийного падения уровня воды в её источнике при малом его дебите используются контрольные электроды, установленные выше корпуса погружного насоса на небольшом расстоянии друг от друга. Кондуктометрический способ контроля уровня выбран из-за его простоты реализации и очень высокой надёжности. Для исключения эффекта разрушения электродов из-за электрохимической коррозии и появления на их поверхности плохо проводящей плёнки окислов на них подаётся переменное напряжение амплитудой около 6 В. Чтобы избежать появления ложного сигнала о наличии воды из-за намокания изоляции в цепи электродов, чувствительность узла контроля ограничена сопротивлением около 6 кОм. При нормальном уровне воды в источнике устройство разрешает пуск насоса по сигналу от контрольного электрода нижнего уровня, смонтированного на накопительной ёмкости. По достижении верхнего уровня насос отключится, а вновь включится только при снижении уровня воды до нижнего электрода в процессе водоразбора. При малом дебите источника насос будет периодически включаться, выбирая воду между электродами в скважине или колодце, пока накопительная ёмкость не заполнится до верхнего уровня.

Схема блока управления и защиты приведена на **рис. 1**. Питание прибора осуществляется напряжением 5 В от зарядного устройства (ЗУ) мобильного телефона, что существенно упрощает изготовление устройства, так как избавляет от необходимости проведения дополнительных работ и изготовления самодельного сетевого источника питания. Напряжение от ЗУ подают на контакты X1.5 и X1.6. Самовосстанавливающийся предохранитель FA1 служит для защиты ЗУ от короткого замыкания.

На микросхеме DA1 собран повышающий преобразователь, повышающий напряжение с 5 В до 13,7 В, который обеспечивает питанием генератор прямоугольных импульсов с частотой следования около 20 Гц и скважностью 2, собранный на таймере DA2. Разнополярные прямоугольные импульсы амплитудой около 6 В формируются на резисторе R16, они используются для подачи на контрольные электроды через токоограничивающие резисторы R2, R7, R14, R21. Низкая частота переменного напряжения на электродах выбрана для исключения влияния ёмкости соединительного кабеля в скважине на достоверность контроля наличия воды.

Переменное напряжение, поступающее на электроды, выпрямляется диодами VD1, VD3—VD5, а выпрямленное напряжение сглаживается конденсаторами C2, C5, C8, C9. Если контрольный электрод находится в воде, из-за наличия у неё электропроводимости, обра-

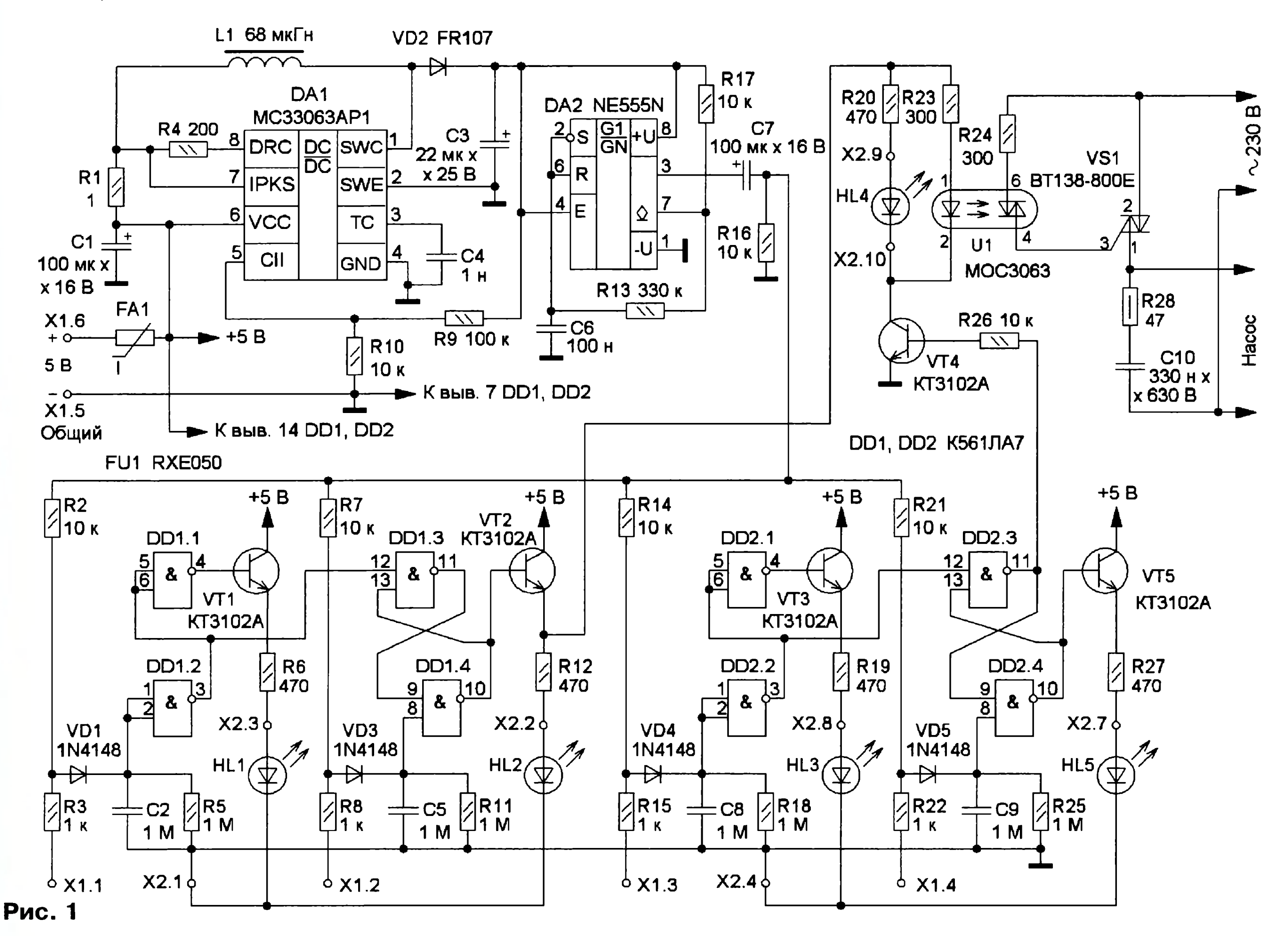


Рис. 1

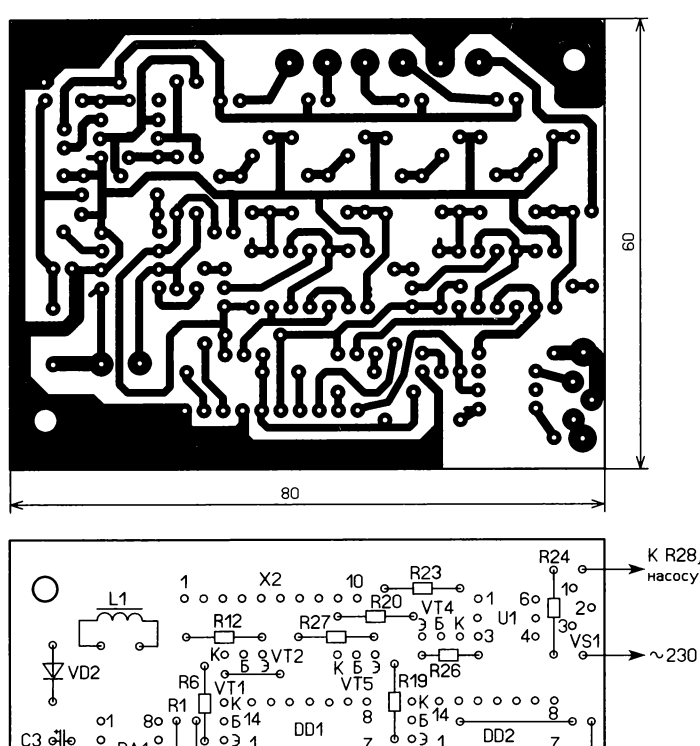


Рис. 2

зуется делитель напряжения и на выходе выпрямителя напряжение не превысит 2 В, в противном случае напряжение составит около 5 В. На изменение этого напряжения и реагируют логические элементы DD1.2, DD1.4, DD2.2 и DD2.4. Контрольный электрод нижнего уровня в скважине или колодце подключён к клемме X1.1 блока управления и защиты и расположен чуть выше корпуса погружного насоса, электрод верхнего уровня, подключаемый к клемме X1.2, устанавливают выше корпуса насоса на расстоянии около 1 м. Если уровень воды в источнике будет аварийно низким, загорится светодиод HL1 красного свечения. По мере заполнения рабочего объёма он гаснет, а при достижении верхнего уровня на эмиттере транзистора VT2 появляется напряжение, разрешающее пуск насоса, и загорится светодиод HL2 зелёного свечения. При падении уровня до нижнего предела светодиод HL2 гаснет, а HL1 вновь загорается, и происходит запрет работы насоса.

Аналогично работает узел контроля уровня в накопительной ёмкости. Электроды нижнего и верхнего уровней подключаются к клеммам X1.3, X1.4 соответственно и устанавливаются соответственно в нижней и верхней частях ёмкости. При уровне воды ниже нижнего предела зажигается светодиод HL3 жёлтого свечения, RS-триггер на элементах DD2.3, DD2.4 переключается, транзистор VT4 открывается и включается светодиод HL4 синего свечения. Если разрешён запуск насоса (на эмиттере VT2 присутствует напряжение несколько вольт), с помощью симисторного оптрона U1 и симистора VS1 происходит подача напряжения сети на электродвигатель насоса. При достижении верхнего уровня в накопительной ёмкости зажигается светодиод HL5 (свечение на выбор) и насос останавливается. Повторный пуск произойдёт только при снижении уровня воды в ёмкости до нижнего предела.

Общий электрод подключают к клемме X1.5 и к заземлению. Если накопительная ёмкость металлическая, достаточно подключить цепь общего электрода к её корпусу, если пластиковая, то рядом с контрольными электродами на всю их длину размещают дополнительный электрод, соединённый с общим проводом. Со скважиной проще — если кабель к насосу имеет дополнительную жилу заземления корпуса, общий провод подключается к ней либо к заземлённому оголовку скважины.

Отдельно стоит остановиться на конструкции контрольных электродов уровня. В накопительной ёмкости это металлические стержни диаметром 2...4 мм или металлические полоски шириной 1...2 см, закреплённые в верхней части на изолирующей подставке. Материал электродов — нержавеющая сталь, латунь, в крайнем случае — медь. Длину электродов выбирают исходя из геометрических размеров ёмкости. В скважине контрольные электроды — это изогнутые пополам металлические пластины размерами около 30×10 мм, в которые запрессованы жилы контрольного кабеля. Для защиты от случайного прикосновения пластин к стенкам скважины их защищают колпачками от пластиковых бутылок. Контрольный кабель в скважину должен быть с гибкими жилами в резиновой изоляции. Его необходимо закрепить стяжками к водяному шлангу по всей длине во избежание переламывания жил от вибрации при работе насоса.

Большинство элементов устройства смонтированы на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм (**рис. 2**). Внешние подключения производят посредством разъёма X2, штыревого PLS-10 или гнездового PLD-10, разъём X1 — клеммник серии ED500V-02P, к его контактам подключают контрольные электроды уровня воды. Светодиоды могут быть обычные или повышенной яркости свечения. Симистор VS1 выбирают исходя из максимального рабочего тока нагрузки и рабочего напряжения. Его надо обязательно установить на теплоотвод, размеры которого определяются мощностью насоса. В авторском экземпляре в качестве теплоотвода используется алюминиевая пластина площадью 15 см^2, что достаточно для управления центробежным насосом мощностью не более 250 Вт. В случае использования вибрационного насоса площадь теплоотвода следует увеличить в 4...5 раз. Симистор может неустойчиво работать на индуктивную нагрузку, поэтому предусмотрена установка снаббера R28C10, элементы которого подключают непосредственно к клеммам для подключения насоса. В случае использования насоса мощностью более 1 кВт или трёхфазного мотора, подключение его осуществляют посредством магнитного пускателя, катушку которого подключают к выходу устройства.

Для питания устройства можно использовать практически любое малогабаритное стабилизированное ЗУ сотового телефона, поскольку максимальный потребляемый ток не превышает 70 мА. Микросхему MC33063AP1 можно заменить отечественной микросхемой К1156ЕУ5АР. Дроссель L1 использован готовый, индуктивностью 68 мкГн, намотанный на гантелеобразном магнитопроводе типа DRW2W8×10, но можно использовать любой доступный с индуктивностью от 47 до 150 мкГн или самодельный, рассчитанный на ток 100 мА. Место на печатной плате под установку дросселя увеличено, что расширяет возможности его замены. Таймер NE555N можно заменить отечественным КР1006ВИ1. Аналог микросхемы К561ЛА7 — микросхема CD4011B. Симисторный оптрон U1 заменим аналогичными, даже если они не содержат узел контроля перехода сетевого напряжения через ноль, например, серий MOC3052, MOC3053. Транзисторы VT1—VT5 — любые маломощные кремниевые структуры n-p-n, подходящие по цоко-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

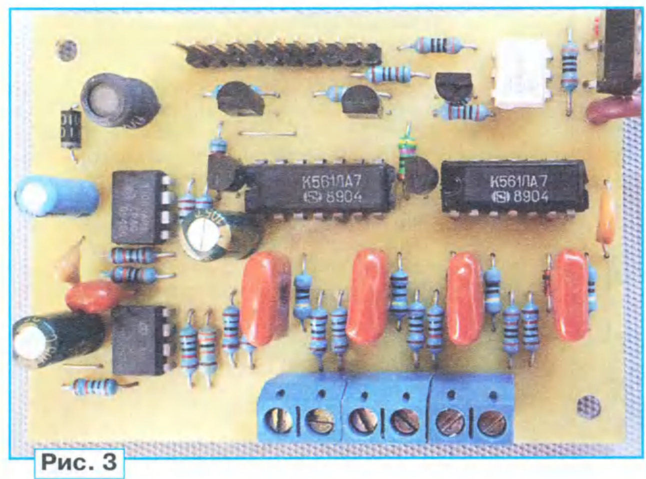


Рис. 3

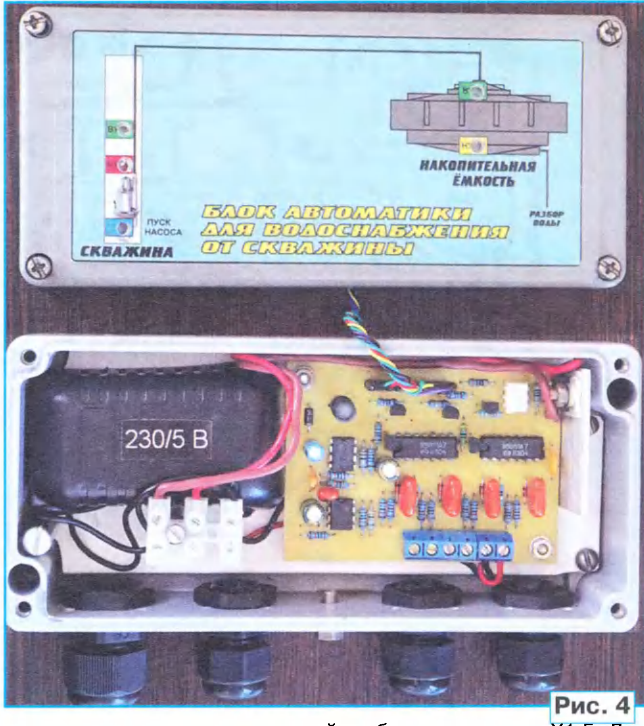


Рис. 4

лёвке, например, КТ503, KSC815, BC546B, 2N2222 и другие. Оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные аналоги, остальные — керамические серии К10-17а или подобные. Постоянные резисторы — МЛТ, С2-23 или импортные металлоплёночные мощностью 0,125—0,25 Вт. Если возникнет необходимость установки снаббера R28C10, то в качестве С10 можно использовать конденсаторы серии К73-17В или аналогичные импортные, ёмкостью от 0,22 до 1 мкФ, допускающие работу при переменном напряжении не менее 275 В.

Внешний вид смонтированной печатной платы показан на **рис. 3**. Правильно собранное устройство в наладке не нуждается и начинает работать сразу, но перед окончательным монтажом платы в корпус желательно проверить все её режимы. Напряжение на конденсаторе С3 должно быть в интервале 13...14 В, частота переменного напряжения на клеммах разъёма Х1 — около 20 Гц, а амплитуда — 6...7 В. Каналы контроля должны устойчиво срабатывать при подключении постоянного резистора сопротивлением 5,1 кОм между общей клеммой Х1.5 и остальными. Потребляемый ток по питанию должен быть в пределах 50...70 мА. По окончании проверки работоспособности и устранения возможных ошибок плату следует покрыть защитным лаком для исключения влияния влажности воздуха на её работоспособность. Корпус для размещения платы и защиты её от климатического воздействия окружающей среды выбирается исходя из собственных пожеланий и возможностей. Много разных корпусов для РЭА предлагают в известных интернет-магазинах. Авторский вариант конструкции показан на **рис. 4**. Внутри корпуса размещена не только плата, но и ЗУ. На верхней крышке корпуса удобно разместить рисунок скважины и накопительной ёмкости, на которых в местах размещения электродов устанавливают соответствующие светодиоды.

Блок управления можно использовать не только для вышеописанной ситуации. Если источник воды имеет гарантированно высокий дебит, контрольные электроды устанавливаются только на накопительной ёмкости, а на плате входы Х1.1 и Х1.2 соединяют перемычкой с общим проводом Х1.5. Дополнительно можно ввести кнопочный пост управления для опробования насоса. Кнопку с нормально замкнутыми контактами подключают в разрыв цепи электрода нижнего уровня и используют для ручного пуска насоса, а кнопку с нормально разомкнутыми контактами, используемую для остановки насоса, подключают параллельно цепи электрода верхнего уровня и общим проводом. В случае заполнения ёмкости от водопроводной сети вместо насоса к плате надо подключить электромагнитный клапан, установленный на линии подачи воды.

***От редакции**. Чертёж печатной платы находится по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/11/voda.zip** на нашем FTP-сервере.*

Бытовой сигнализатор утечки газа

С. КУЗНЕЦОВ, г. Самара

Описываемый сигнализатор предназначен для обнаружения опасных концентраций горючих газов в быту. Он имеет хорошую чувствительность к метану, пропану и бутану благодаря использованию в качестве чувствительного элемента модуля MQ-4.

В журнале "Радио" уже приводились описания подобных устройств [1, 2]. От описанных ранее этот сигнализатор отличается использованием готового модуля для Arduino-проектов, что позволило упростить конструкцию устройства.

Схема сигнализатора приведена на **рис. 1**. Модуль А1 представляет собой плату с датчиком MQ-4 и позиционируется как модуль применения совместно с серией модулей Arduino [3, 4]. Выходной сигнал с логическими уровнями поступает с выхода DOUT модуля А1 на инвертор, собранный на транзисторе VT1. На микросхеме DA1 собран генератор с частотой следования импульсов 1...2 Гц, к выходу которого подключены светодиод HL1 и акустический излучатель НА1.

После включения питания и завершения прогрева датчика напряжение на выходе DOUT модуля А1 будет близко к напряжению питания. При превышении концентрации газа порогового значения это напряжение скачком уменьшается почти до нуля, генератор запускается. Светодиод HL1 станет вспыхивать с частотой 1...2 Гц, с такой же частотой будет включаться акустический сигнализатор НА1. При необходимости звук может быть выключен выключателем SA1, при этом светодиод HL2, сигнализирующий о включении звуковой сигнализации, будет погашен.

Питать устройство следует от стабилизированного сетевого источника с выходным напряжением 5 В, в качестве которого было применено стабилизированное зарядное устройство от сотового телефона. Ток, потребляемый устройством, не превышает 300 мА, из которых большая часть приходится на

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 1

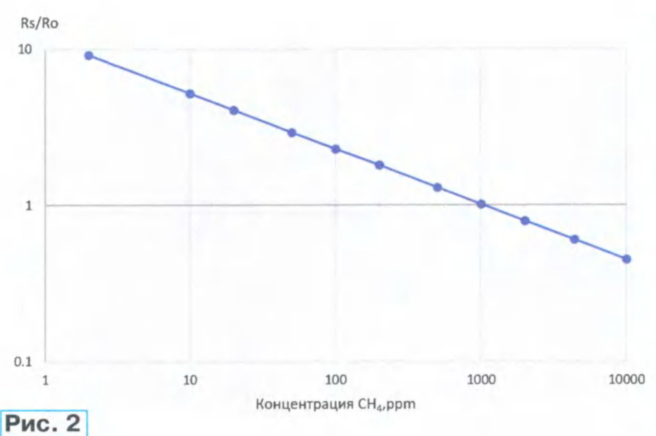


Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

нагревательный элемент датчика.

Оригинальная схема модуля A1 (MQ-4), который был использован автором в сигнализаторе, приведена в [5]. В его состав входят повышающий преобразователь напряжения, собственно датчик газа MQ-4 и аналоговый компаратор. Порог срабатывания компаратора устанавливается подстроечным резистором R4. Однако многие однотипные модули в своём составе не имеют преобразователя напряжения, который не является обязательным узлом, если сигнализатор питается от стабилизированного источника питания 5 В. Но подстроечный резистор для установки порога срабатывания есть практически в каждом из модулей MQ-4. Именно этот резистор является обязательным.

Для газа метана нижний концентрационный предел воспламеняемости (НКПВ) составляет 4,4 %. В промышленных сигнализаторах обычно задаются два порога срабатывания: предупредительный — 10...20 % от НКПВ; аварийный (отсечной) — 40 % от НКПВ.

Автору не удалось найти нормативных документов, регламентирующих пороги срабатывания именно бытовых сигнализаторов газа. Анализируя аналогичные изделия и нормативные документы для промышленных изделий, был выбран порог срабатывания 10 % от НКПВ, что составляет 0,44 % = 4400 ppm (ppm — одна часть на миллион, 1 ppm = 0,0001 %) концентрации метана в воздухе. По соображениям безопасности калибровка датчика непосредственно по газу в бытовых условиях недопустима, поэтому настройка проводилась расчётным методом, который описан ниже.

Чувствительный элемент датчика MQ-4 представляет собой резистор, сопротивление которого зависит от концентрации газа метана в атмосфере. При увеличении его концентрации сопротивление датчика уменьшается. Эта зависимость (нормированная к сопротивлению при концентрации 1000 ppm) показана на **рис. 2**. По графику видно, что сопротивление датчика при изменении концентрации от 2 ppm (средняя концентрация метана в атмосфере) до 4400 ppm уменьшается примерно в 16 раз (K = 16). Датчик газа совместно с нагрузочным резистором MQ_R2 модуля A1 [5] образуют делитель напряжения. В результате при увеличении концентрации газа напряжение на нагрузочном резисторе, т. е. на аналоговом выходе AOUT модуля A1, будет увеличиваться.

Поскольку график на рис. 2 является относительным, для расчёта абсолютного порогового напряжения необходимо задать какую-либо точку. Удобнее всего взять точку при концентрации 2 ppm (чистый воздух), измерив соответствующее напряжение на выходе AOUT модуля A1, и затем пересчитать это напряжение на пороговую концентрацию 4400 ppm. Используя закон Ома, несложно получить формулу для расчёта порогового напряжения:

$$U_{\text{пор}} = \frac{KU_{\text{п}}}{U_{\text{п}}/U_{\text{возд}} + K - 1},$$

где $U_{\text{пор}}$ — пороговое напряжение срабатывания сигнализатора; K — отношение сопротивления датчика в чистом воздухе к сопротивлению при пороговой концентрации газа; $U_{\text{п}}$ — напряжение питания датчика; $U_{\text{возд}}$ — напряжение на выходе датчика в чистом воздухе.

В использованном автором экземпляре датчика напряжение на выходе AOUT в чистом воздухе составило $U_{\text{возд}}$ = 0,72 В. При $U_{\text{п}}$ = 5 В, K = 16 пороговое напряжение $U_{\text{пор}}$ = 3,6 В. Это напряжение необходимо установить на движке подстроечного резистора модуля A1. На этом настройка устройства закончена.

В сигнализаторе использованы широко распространённые детали. Резисторы — МЛТ, С2-23, светодиоды HL1, HL2 — любые красного и зелёного свечения соответственно. Акустический излучатель — HCM1206X или аналогичный со встроенным генератором на напряжение питания 5 В. Транзистор VT1 — из серий КТ3102, КТ315 или любой маломощный структуры n-p-n с коэффициентом передачи тока не менее 20. Таймер NE555N можно заменить отечественным таймером КР1006ВИ1.

Конструктивно сигнализатор собран на макетной плате методом навесного

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

монтажа и помещён в пластиковый корпус подходящего размера (**рис. 3**, **рис. 4**). Около датчика просверлены вентиляционные отверстия, которые также служат для улучшения слышимости звукового сигнализатора HA1. Выключатель акустического излучателя SA1 и разъём питания установлены на боковой поверхности корпуса. При включении сигнализатора в процессе прогрева сенсора будет включаться звуковой сигнал и будет вспыхивать светодиод HL1, что является нормой — так осуществляется самоконтроль устройств индикации. Через 1...2 мин звуковой сигнал и светодиод выключаются, и устройство перейдёт в дежурный режим.

Располагать сигнализатор следует на высоте 1...1,5 м от места потенциальной утечки (газовой плиты), чуть в стороне по горизонтали от источника огня. Это позволит избежать нежелательного перегрева сигнализатора.

Для оперативной проверки сигнализатора можно поднести газовую зажигалку к датчику и открыть клапан, не зажигая пламени. Если через несколько секунд сигнализатор сработает, значит, он исправен и будет дальше защищать вас от утечек газа.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Виноградов Ю.** Контроль взрывоопасных газов. — Радио, 2000, № 10, с. 37.
2. **Суров В.** Сигнализатор загазованности воздуха. — Радио, 2009, № 9, с. 37, 38.
3. Датчик газа MQ-4 для Arduino (метан). — URL: **https://www.chipdip.ru/product0/8009337823** (07.09.22).
4. MQ-4 Methane Sensor Circuit Built with an Arduino. — URL: **https://www.learningaboutelectronics.com/Articles/MQ-4-methane-sensor-circuit-with-arduino.php** (07.09.22).
5. Gas-Sensor-Schematic.pdf. — URL: **https://bit.ly/3cT9pcd** (07.09.22).

Шифратор и дешифратор дискретных команд для многоканальной системы радиоуправления моделями

О. ИЛЬИН, г. Казань

Описываемые в статье устройства предназначены для кодирования и декодирования дискретных команд в многоканальных системах радиоуправления авиа-, авто- и судомоделями, но могут быть использованы для дистанционного управления и другими объектами.

В многоканальных системах радиоуправления моделями для разделения команд различного назначения по отдельным каналам используются, как правило, принципы частотной и временной селекций [1, 2].

В многоканальных системах радиоуправления с частотным разделением каналов каждая команда представляет собой низкочастотное колебание определённой частоты — поднесущее колебание. Поднесущие колебания всех каналов подаются на сумматор, а затем — на вход радиопередатчика, в котором происходит модуляция суммарным сигналом излучаемого антенной высокочастотного несущего колебания.

В радиоприёмном устройстве производятся частотная селекция, усиление и детектирование несущего колебания, выделение из него поднесущих колебаний и распределение их по соответствующим каналам посредством N параллельно соединённых входами полосовых фильтров, где N — число каналов системы радиоуправления, и формирование сигналов, которыми приводятся в действие исполнительные устройства. При этом по номеру полосового фильтра, на выходе которого появился командный сигнал, судят о назначении принятой команды.

Одним из недостатков многоканальных систем радиоуправления с частотным разделением каналов является то, что с увеличением числа поднесущих колебаний существенно возрастает число комбинационных частот, увеличиваются переходные и перекрёстные искажения, поэтому число команд в этих системах не превышает, как правило, десяти.

Кроме того, чтобы излишне не расширять полосу пропускания канала связи, частоты командных сигналов, которые обычно выбирают из стандартных рядов [1, 3—7], сводящих к минимуму попадание комбинационных частот в полосы пропускания канальных фильтров, делают по возможности более низкими, а поднесущие колебания — гармоническими. Так, например, наибольшая частота модулирующего сигнала АМ-передатчика для радиоуправления моделями не должна превышать 10 кГц в диапазоне частот 26,957—27,283 МГц, а в диапазонах частот 28—28,2 МГц и 144—146 МГц — 12,5 кГц, поскольку регламентирующие документы [8] требуют, чтобы ширина спектра излучаемого сигнала в этих диапазонах частот не превышала 20 и 25 кГц соответственно.

Как правило, в большинстве применяемых в моделизме многоканальных систем радиоуправления с частотным разделением каналов [3—6] для кодирования дискретных команд используются LC-генераторы — формирователи гармонических поднесущих колебаний, а для декодирования команд — полосовые LC-фильтры с резонансной амплитудно-частотной характеристикой. Поскольку частоты командных сигналов сравнительно низкие (обычно 400...10000 Гц), катушки индуктивности генераторов и полосовых фильтров выполняются, как правило, на броневых или кольцевых магнитопроводах, вследствие чего имеют относительно большие габариты и массу, что особенно нежелательно для бортовой аппаратуры авиамоделей. Кроме того, из-за разброса параметров магнитопроводов приходится подгонять индуктивность каждой катушки до расчётного значения индивидуально, что трудоёмко и неудобно при изготовлении.

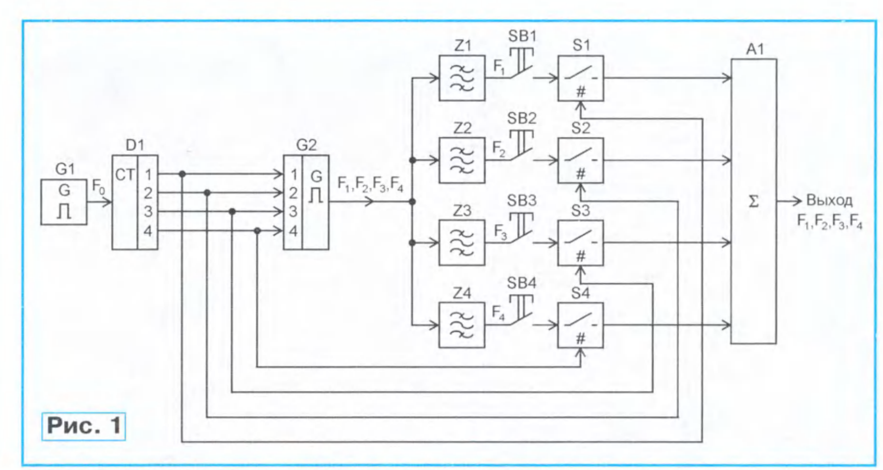


Рис. 1

В многоканальных системах радиоуправления с временным разделением

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

каналов передача команд происходит поочерёдно. Распределение командных сигналов по соответствующим каналам производится посредством коммутаторов и синхронизирующих устройств. Для передачи команд могут использоваться различные виды модуляции гармонических или импульсных поднесущих колебаний, например, широтно-импульсная, фазово-импульсная, счётно-импульсная и кодово-импульсная модуляция. В этих системах отсутствуют громоздкие и массивные резонансные LC-фильтры, достигается практически полное отсутствие взаимного влияния каналов. Недостаток многоканальных систем радиоуправления с временным разделением каналов — необходимость синхронизации работы шифратора и дешифратора команд, что усложняет как структуру командных сигналов, так и аппаратуру радиоуправления в целом.

Предлагаю свободные от указанных недостатков свои варианты шифратора и дешифратора дискретных команд для многоканальной системы радиоуправления с частотно-временным разделением каналов. Системой радиоуправления, оснащённой этими шифратором и дешифратором команд, могут быть дистанционно приведены в действие одновременно четыре исполнительных устройства, например, включающие и выключающие двигатель модели, формирующие акустические или оптические сигналы, производящие фотографирование, сбрасывание грузов, измерение различных физических величин и другие подобные операции.

Шифратор и дешифратор команд выполнены на доступной элементной базе, просты в налаживании и стабильны в работе.

Основные технические характеристики

Число каналов 4
Число команд 15
Частоты разделения каналов, Гц 6500, 7700, 8800, 10000
Длительность канальных посылок, мс 5
Период повторения канальных посылок, мс 20
Интервал регулирования амплитуды канальных посылок на выходе шифратора, В, не менее ....0...2,5
Амплитуда канальных посылок на входе дешифратора, В, не менее 0,5
Напряжение лог. 0 на выходе каналов дешифратора, В, не более 0,1
Напряжение лог. 1 на выходе каналов дешифратора, В, не менее 7
Ток нагрузки каналов дешифратора, мА, не более 20
Напряжение питания шифратора и дешифратора, В 9
Ток потребления шифратора, мА, не более 8
Ток потребления дешифратора, мА, не более 7

Функциональная схема шифратора команд приведена на **рис. 1**, где A1 — сумматор; D1 — кольцевой счётчик; G1 — генератор прямоугольных импульсов; G2 — дискретно управляемый по частоте генератор прямоугольных импульсов; S1—S4 — электронные ключи; SB1—SB4 — командные кнопки; Z1—Z4 — полосовые фильтры.

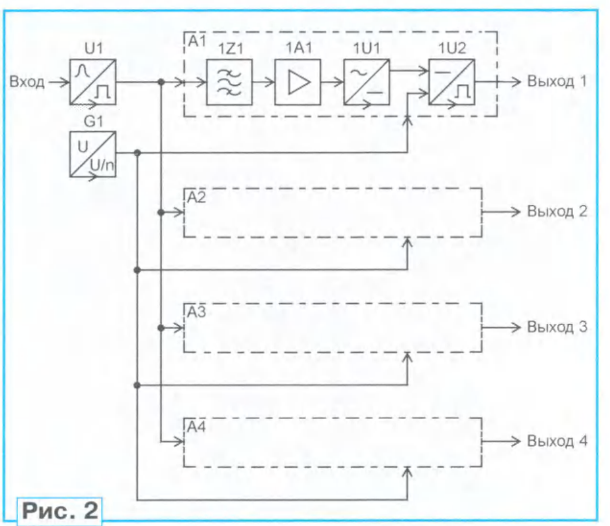


Рис. 2

Шифратор команд работает так. Генератор G1 вырабатывает последовательность прямоугольных импульсов, следующих с частотой F_0. Эта последовательность импульсов поступает на вход кольцевого счётчика D1, представляющего собой замкнутый в кольцо четырёхразрядный сдвиговый регистр. Под воздействием входных импульсов кольцевой счётчик D1 формирует на своих выходах циклический параллельный цифровой код: 0001, 0010, 0100, 1000.

Этот код поступает на управляющие входы генератора G2, который, в зависимости от значения кода, формирует на своём выходе прямоугольные импульсы частотой F_1, F_2, F_3, F_4. Поскольку код циклический, импульсы этих частот следуют чередующимися пачками, при этом частота следования каждой пачки импульсов равна $F_0/4$, а длительность пачек — $1/F_0$.

Полосовые фильтры Z1—Z4 с резонансной амплитудно-частотной характеристикой настроены на частоты F_1, F_2, F_3, F_4 соответственно. При поступлении на вход этих фильтров чередующихся пачек прямоугольных импульсов частотой F_1, F_2, F_3, F_4 на выходе каждого полосового фильтра Z1—Z4 формируются пачки следующие с частотой $F_0/4$ синусоидальных колебаний, частота которых равна частоте настройки этого фильтра.

С соответствующих выходов кольцевого счётчика D1 на управляющие входы электронных ключей S1—S4 с частотой $F_0/4$ поступают импульсы высокого логического уровня длительностью $1/F_0$, вызывая поочерёдное замыкание электронных ключей. Полосовые фильтры Z1—Z4 через замкнутые контакты кнопок SB1—SB4, нажатых в соответствии с формируемой командой, поочерёдно подключаются электронными ключами S1—S4 к соответствующим входам сумматора A1, при этом на его выходе формируются следующие с частотой $F_0/4$ пачки синусоидальных колебаний частотой F_1, F_2, F_3, F_4 — канальные посылки, которые подаются на вход модулятора радиопередатчика.

Шифратор команд позволяет сформировать посредством кнопок SB1—SB4 15 комбинаций пачек синусоидальных колебаний частотой F_1, F_2, F_3, F_4 — команд управления, что отображено в **таблице**, где 1 указывает на то, что соответствующая кнопка нажата, а 0 — отпущена.

Функциональная схема дешифратора команд приведена на **рис. 2**, где A1—A4 — селекторы команд первого, второго, третьего и четвёртого каналов соответственно; G1 — формирователь порогового напряжения; U1 — триггер Шмитта; 1A1 — усилитель напряжения; 1U1 — амплитудный детектор; 1U2 — пороговое устройство; 1Z1 — полосовой фильтр селектора команд первого канала A1. Функциональный состав всех селекторов команд A1—A4 одинаков.

Номер команды	Кнопка			
	SB1	SB2	SB3	SB4
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

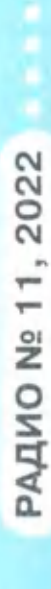
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 11, 2022

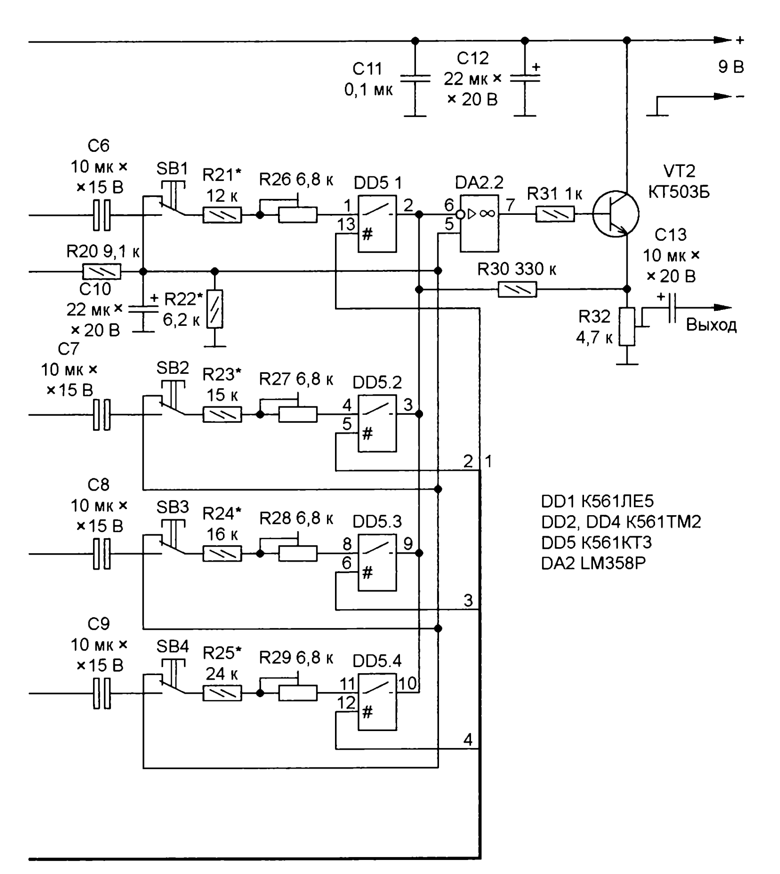
Рис. 3

Дешифратор команд работает так. С выхода приёмного устройства системы радиоуправления на вход дешифратора команд поступают циклические пачки искажённых шумами синусоидальных колебаний частотой F_1, F_2, F_3, F_4. Триггер Шмитта U1 преобразует эти колебания в нормированные по амплитуде прямоугольные импульсы напряжения той же частоты. Пачки прямоугольных импульсов частотой F_1, F_2, F_3, F_4 поступают на вход селекторов команд A1—A4.

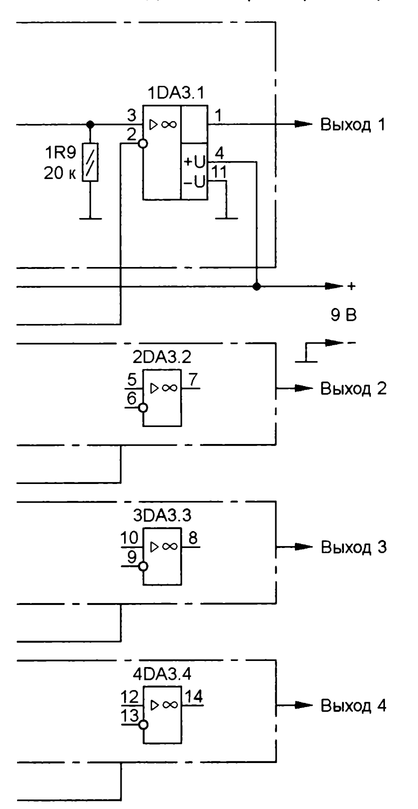
Рис. 4

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru





Полосовой фильтр 1Z1 селектора команд первого канала A1 пропускает колебания частотой F_1 и подавляет колебания других частот, вследствие чего на выходе этого фильтра во время



действия соответствующей команды формируются пачки следующих с частотой $F_0/4$ синусоидальных колебаний, частота которых равна частоте настройки фильтра 1Z1. Эти пачки синусоидальных колебаний усиливаются по амплитуде усилителем напряжения 1A1 и поступают на вход амплитудного детектора 1U1, который формирует из них постоянное напряжение. При превышении этим напряжением напряжения срабатывания порогового устройства 1U2 на его выходе появляется импульсный перепад напряжения с низкого на высокий логический уровень, что приводит в действие исполнительное устройство, подключённое к выходу селектора команд первого канала A1.

Остальные селекторы команд A2—A4, полосовые фильтры которых настроены соответственно на частоты F_2, F_3, F_4, работают аналогично.

Поскольку сигналы, несущие информацию о командах, периодически повторяются с частотой $F_0/4$, напряжение на выходе амплитудных детекторов дешифратора команд за счёт соответствующего выбора постоянной времени их интеграторов не успевает существенно измениться за интервал времени между канальными посылками различных команд, поэтому на этом временном интервале не изменяется и выходное напряжение пороговых устройств, а подключённые к соответствующим выходам дешифратора исполнительные устройства согласно номерам приведённых в таблице команд могут быть приведены в действие одновременно.

Схема шифратора команд приведена на **рис. 3**. Логические элементы DD1.1, DD1.2, резистор R2 и конденсатор C2 образуют генератор прямоугольных импульсов (G1 на рис. 1), следующих с частотой F_0 = 200 Гц. Логический элемент DD1.4 — буферный. На D-триггерах DD2, DD4 выполнен кольцевой счётчик (D1 на рис. 1). Логический элемент DD1.3 и интегрирующая цепь R1C1 обеспечивают установку триггеров DD2, DD4 кольцевого счётчика в исходное состояние при подключении напряжения питания.

Компаратор DA1, электронные ключи DD3, транзистор VT1, резисторы R3—R17 и конденсаторы C3, C5 образуют дискретно управляемый по частоте генератор прямоугольных импульсов (G2 на рис. 1). Конденсатор C3 и резисторы R3—R10 — времязадающие элементы генератора. Резисторы R11—R13 задают пороги переключения компаратора DA1. Резистор R14 — нагрузка коллектора выходного транзистора компаратора DA1. Эмиттерный повторитель, собранный на транзисторе VT и резисторах R15—R17, уменьшает влияние нагрузки генератора на частоту и форму генерируемых импульсов и задаёт посредством делителя напряжения R16R17 такую амплитуду выходного сигнала генератора, при которой отсутствуют искажения синусоидального сигнала на выходе полосовых фильтров Z1—Z4. Конденсатор C5 — разделительный.

Управление частотой генерации происходит путём дискретного изменения постоянной времени зарядно-разрядной цепи генератора при замыкании одного из электронных ключей микросхемы DD3 под воздействием циклического параллельного цифрового кода, поступающего на их управляющие входы (выв. 5, 6, 12, 13 DD3) с соответствующих выходов кольцевого счётчика. Частоты генерации следующие: F_1 = 6500 Гц, F_2 = 7700 Гц, F_3 = 8800 Гц, F_4 = 10000 Гц.

Полосовые фильтры Z1—Z4 — активные второго порядка с многопетлевой обратной связью, они выполнены на ОУ 1DA1.1, 2DA1.2, 3DA1.3, 4DA1.4 соответственно. Резисторы 1R1—1R4 и конденсаторы 1C1, 1C2 — частотозадающие элементы фильтра Z1. Полосовые фильтры Z1—Z4 отличаются по схеме один от другого лишь сопротивлением резисторов 1R3—4R3, определяющих резонансную частоту F_1, F_2, F_3, F_4 соответствующего полосового фильтра.

Делитель напряжения R18R19, фильтрующий конденсатор C4 и включённый повторителем напряжения ОУ DA2.1 обеспечивают нормальную работу ОУ 1DA1.1, 2DA1.2, 3DA1.3, 4DA1.4 при однополярном питании. Электронные ключи S1—S4 (см. рис. 1) выполнены на микросхеме DD5.

На ОУ DA2.2, транзисторе VT2, резисторах R20—R32 и конденсаторах C6—C10, C13 собран сумматор (A1 на рис. 1), представляющий собой четырёхвходовый инвертирующий усилитель напряжения. Коэффициент усиления по напряжению для каждого входа сумматора задан отношением сопротивления резистора R30 к сумме сопротивлений резисторов R21 и R26, R23 и R27, R24 и R28, R25 и R29 соответственно. Подстроечные резисторы R26—R29 служат

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

для регулирования амплитуды синусоидальных колебаний частотой F_1, F_2, F_3, F_4 на выходе сумматора.

Резисторы R20, R22 и фильтрующий конденсатор C10 — источник напряжения смещения, обеспечивающий нормальную работу ОУ DA2.2 при однополярном питании. Эмиттерный повторитель, собранный на транзисторе VT2 и резисторах R31, R32, повышает нагрузочную способность ОУ DA2.2. Конденсаторы C6—C9, C13 — разделительные.

Кнопки SB1—SB4 — командные. Когда эти кнопки не нажаты и команды не формируются, на соответствующие входы сумматора A1 поступает постоянное напряжение смещения с выхода делителя напряжения R20R22C10, что уменьшает уровень помех на выходе сумматора при отсутствии сигналов на его входах.

Шифратор команд питается стабилизированным напряжением 9 В. Конденсаторы C11, C12 — фильтрующие.

Схема дешифратора команд приведена на **рис. 4**. На ОУ DA1.1, резисторах R1, R2, R5—R8 и конденсаторах C1, C2 собран триггер Шмитта (U1 на рис. 2). Делитель напряжения R1R6 формирует на инвертирующем входе ОУ DA1.1 напряжение смещения, которое суммируется с напряжением сигнала. При достижении этим суммарным напряжением порогов переключения триггера Шмитта, которые заданы резисторами R2, R5, R7, R8, на его выходе формируются прямоугольные импульсы напряжения фиксированной амплитуды. Делитель напряжения R11R12 задаёт амплитуду выходного сигнала триггера Шмитта такой, при которой отсутствуют искажения синусоидального сигнала на выходе полосовых фильтров селекторов команд A1—A4. Конденсатор C2 — фильтрующий, конденсаторы C1, C7 — разделительные.

На ОУ 1DA1.1, резисторах 1R1—1R4 и конденсаторах 1C1, 1C2 собран полосовой фильтр (1Z1 на рис. 2) селектора команд A1, настроенный на частоту F_1. По схеме и параметрам он аналогичен полосовому фильтру Z1 шифратора команд.

На ОУ 1DA2.1, резисторах 1R5—1R7 и разделительном конденсаторе 1C3 собран усилитель напряжения (1A1 на рис. 2). Его коэффициент усиления задан отношением сопротивления резистора 1R7 к сумме сопротивлений резисторов 1R5 и 1R6. Регулирование коэффициента усиления производят подстроечным резистором 1R6.

Амплитудный детектор (1U1 на рис. 2) собран на диодах 1VD1, 1VD2, резисторах 1R8, 1R9 и конденсаторах 1C4, 1C5. Его схема — типовая и особенностей не имеет. На включённом компаратором ОУ 1DA3.1 выполнено пороговое устройство (1U2 на рис. 2).

Селекторы команд A1—A4 отличаются по схеме один от другого лишь сопротивлением резисторов 1R3—4R3, определяющих резонансную частоту F_1, F_2, F_3, F_4 соответствующих полосовых фильтров, и сопротивлением резисторов 1R5—4R5, задающих коэффициент усиления по напряжению соответствующих усилителей.

Делитель напряжения R3R9, фильтрующий конденсатор C3 и включённый повторителем напряжения ОУ DA1.2 обеспечивают нормальную работу ОУ 1DA1.1, 1DA2.1, 2DA1.2, 2DA2.2, 3DA1.3, 3DA2.3, 4DA1.4, 4DA2.4 при однополярном питании. Делитель напряжения R4R10 и фильтрующий конденсатор C4 — формирователь порогового напряжения (G1 на рис. 2) компараторов на ОУ 1DA3.1, 2DA3.2, 3DA3.3, 4DA3.4. Дешифратор команд питается стабилизированным напряжением 9 В. Конденсаторы C5, C6 — фильтрующие.

Шифратор и дешифратор команд смонтированы навесным способом на макетных платах.

В шифраторе и дешифраторе команд применены неполярные оксидные конденсаторы К53-7, они заменимы на неполярные К50-6, К50-15. Остальные оксидные конденсаторы — К53-16, вместо них можно использовать другие подобные. Частотозадающие конденсаторы генераторов импульсов G1, G2 и полосовых фильтров шифратора и дешифратора команд — плёночные К73-17, их можно заменить на К73-9, К73-24. Керамические конденсаторы — К10-17, вместо них подойдут КМ-6. Постоянные резисторы — С2-33, возможная замена — С2-23, МЛТ, ОМЛТ. Подстроечные резисторы — многооборотные импортные, вместо них можно использовать отечественные РП1-48 или другие подобные. Командные кнопки — КМ1-1 или любые другие подходящие.

Диоды КД522Б можно заменить диодами этой же серии или другими подобными, например серий КД503, КД521. Транзисторы КТ503Б заменимы транзисторами этой же серии или другими с аналогичными параметрами.

Компаратор К554СА3А заменим на К554СА3Б или Р554СА3А, К554СА301А, К554СА301Б, 521СА3, Н521СА3, 521СА301, К521СА301А, К521СА301Б с учётом различий в типе корпуса и назначении выводов, а также на импортные аналоги LM111, LM311. Импортные ОУ LM324N и LM358P заменимы на отечественные 1401УД2А, К1401УД2А, Б, КМ1401УД2А, КМ1401УД2Б, КР1401УД2А, КР1401УД2Б с учётом различий в назначении выводов питания и КР1040УД1 соответственно. Микросхемы серии К561 могут быть заменены микросхемами серии 564 или импортными функциональными аналогами.

Налаживание шифратора команд сводится к установке рабочих частот и амплитуды выходного сигнала генератора прямоугольных импульсов G2, настройке резонансных частот полосовых фильтров Z1—Z4, выравниванию амплитуды канальных посылок частотой F_1, F_2, F_3, F_4 на выходе сумматора A1 и установке амплитуды выходного сигнала шифратора.

Частоты выходного сигнала генератора прямоугольных импульсов G2 F_1 = 6500 Гц, F_2 = 7700 Гц, F_3 = 8800 Гц, F_4 = 10000 Гц устанавливают подстроечными резисторами R10, R8, R6, R4 (рис. 3) соответственно, а амплитуду этого сигнала 0,1...0,15 В — подстроечным резистором R17. Резонансные частоты F_1, F_2, F_3, F_4 соответствующих полосовых фильтров Z1—Z4 грубо устанавливают подбором резисторов 1R3—4R3, а точно — подстроечными резисторами 1R2—4R2. Амплитуду канальных посылок частотой F_1, F_2, F_3, F_4 на выходе сумматора A1 устанавливают равной 2...2,5 В подстроечными резисторами R26—R29 соответственно. Необходимую для нормальной работы модулятора радиопередатчика амплитуду выходного сигнала шифратора устанавливают подстроечным резистором R32.

Налаживание дешифратора команд сводится к установке порогов переключения триггера Шмитта U1 и амплитуды его выходного сигнала, настройке резонансных частот полосовых фильтров 1Z1—4Z1 селекторов команд A1—A4, выравниванию амплитуды канальных посылок частотой F_1, F_2, F_3, F_4 на выходе усилителей 1A1—4A1 и установке напряжения срабатывания пороговых устройств 1U2—4U2.

Подстроечным резистором R7 (рис. 4) устанавливают разность напряжений между неинвертирующим и инвертирующим входами ОУ DA1.1 равной 0,1 В. Результатом этого должен быть высокий уровень напряжения на выходе ОУ DA1.1 при отсутствии сигнала на входе дешифратора, а переключение триггера Шмитта должно происходить при амплитуде сигнала на входе дешифратора, не превышающей 0,5...1 В. Амплитуду импульсов напряжения на выходе триггера Шмитта устанавливают подстроечным резистором R12 равной 0,1...0,15 В. Резонансные частоты F_1, F_2, F_3, F_4 соответствующих полосовых фильтров 1Z1—4Z1 селекторов команд A1—A4 грубо устанавливают подбором резисторов 1R3—4R3, а точно — подстроечными резисторами 1R2—4R2. Амплитуду канальных посылок частотой F_1, F_2, F_3, F_4 на выходе ОУ 1DA2.1, 2DA2.2, 3DA2.3, 4DA2.4 устанавливают равной 2...2,5 В подстроечными резисторами 1R6—4R6 соответственно. Напряжение срабатывания 1...1,5 В пороговых устройств на ОУ 1DA3.1, 2DA3.2, 3DA3.3, 4DA3.4 устанавливают подстроечным резистором R4.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по радиоэлектронике в трёх томах. Под ред. А. А. Куликовского. Том 3. — М.: Энергия, 1970, с. 524—534, 556—615.

2. Основы радиоуправления. Под ред. В. А. Вейцеля и В. Н. Типугина. Учебное пособие для вузов. — М.: Советское радио, 1973, с. 189—271.

3. **Путятин Н. Н.** Радиоуправление моделями. — М.: Энергия, 1976, с. 6—21, 58—64.

4. **Войцеховский Я.** Дистанционное управление моделями. Пособие моделиста и радиолюбителя. Пер с польск. Под ред. А. П. Павлова и Н. Н. Путятина. — М.: Связь, 1977, с. 306—311, 316—335.

5. **Васильченко М. Е., Дьяков А. В.** Радиолюбительская телемеханика. — М.: Энергия, 1979, с. 29—50.

6. **Миль Г.** Электронное дистанционное управление моделями / Пер. с нем. В. Н. Пальянова. — М.: ДОСААФ, 1980, с. 24—35, 345—348.

7. **Днищенко В. А.** 500 схем для радиолюбителей. Дистанционное управление моделями. — СПб.: Наука и техника, 2007, с. 17—20, 39—49, 343—345.

8. Инструкция о порядке регистрации и эксплуатации любительских радиостанций. — URL: **http://old.srr.ru/DOCUMENTS/instruction.php** (11.09.22).



Итоги Russian "RADIO" WW RTTY Contest 2022

В 2022 г. в телетайпных соревнованиях, проводимых совместно редакцией журнала "Радио" и Союзом радиолюбителей России, приняли участие 286 спортсменов. Мы получили 281 отчёт из 42 стран мира (по списку DXCC).



Юрий Куриный (RG9A) — победитель в многодиапазонном зачёте.

В многодиапазонном зачёте лучшим стал, как в последние три года, Юрий Куриный (RG9A) из г. Челябинска. Александр Долгих (UY4MK, г. Перевальск, ЛНР) занял второе место. На третьем месте — Александр Ситак (UC8U), г. Березовский Кемеровской обл.

На диапазоне 28 МГц были всего два участника. Лучший результат показал Душан Чеха (Dusan Ceha, YT8A) из г. Белграда, Сербия. Второе место занял Драгомир Бобич (Dragomir Bobic, YT1BD), г. Белград, Сербия.

Первое место на диапазоне 21 МГц занял Михаил Волков (RA0WHE), пгт Белый Яр, Хакасия. На втором месте — Олег Серов (UA1AOS) из г. Санкт-Петербурга. Третье место занял Юрий Валуйский (UF5A) из г. Троицка, Москва.

На диапазоне 14 МГц первое место занял Ласло Надь (Laszlo Nagy, HG5D) из венгерского г. Кондорош (Kondoros). В 2020 г. он также был победителем в этой группе, а в прошлогодних соревнованиях занял второе место. На втором месте в этой группе — Владимир Баштинский (UA6CE) из г. Тихорецка Краснодарского края. На третьем месте — Виталий Медведев (RC5Z) из г. Губкина Белгородской обл.

Лучшим на диапазоне 7 МГц стал Урал Кинзягулов (RU8W) из д. Яр-Бишкадак, Башкортостан. Василий Бачурин (RK9AY) из г. Троицка Челябинской обл. занял второе место, третье — Денис Рукинов (UA8J) из г. Нижневартовска, Ханты-Мансийский АО.

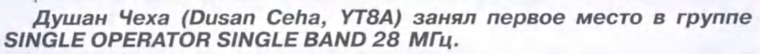
На диапазоне 3,5 МГц были всего два участника. Лучший результат показал Олег Нуйкин (UI4F), п. Светлый Саратовской обл. Второе место здесь занял Карло Паулетти (Carlo Pauletti, I3PXN) из итальянского п. Фельтре (Feltre).

В группе радиостанций с несколькими операторами приняли участие лишь две команды. Первое место среди них заняла команда радиостанции RA3Y из с. Супонево Брянской обл., в состав которой входили Марина Бухарова, Михаил Михалев и Владимир Щербаков. На втором месте в этой группе — команда радиостанции C37URA из г. Андорра-ла-Велья (Andorra la Vella), Андорра. В составе команды выступали Бели Охеа



"Рабочее" место YT8A.





Душан Чеха (Dusan Ceha, YT8A) занял первое место в группе SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 28 МГц.



Михаил Волков (RA0WHE) — победитель в группе SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 21 МГц.

(Beli Ojea), Педро Родригальварес Нарес (Pedro Rodrigalvarez Nares), Джоан Саури (Joan Sauri) и Херардо Отеро (Gerardo Otero).

Итоги соревнований для лидеров по зачётным группам приведены в **таблице**. В ней указаны занятое место, позывной, число связей, число очков за связи, множитель и окончательный результат.

Технические результаты по всем участникам этих соревнований можно посмотреть по адресу **http://www.radio.ru/cq/contest/result/RTTY_2022_tab_site.pdf** на сайте журнала "Радио".

Владимир Щербаков из команды радиостанции RA3Y, занявшей первое место в группе MULTI OPERATOR MULTI BAND.

SINGLE OPERATOR MULTI BAND

1	RG9A	577	5480	222	1216560
2	UY4MK	461	2720	211	573920
3	UC8U	347	3275	145	474875
4	RL9LR	278	2605	137	356885
5	R6DM	339	1940	167	323980
6	EW8DX	325	1850	159	294150
7	LZ3QE	297	1645	145	238525
8	SV2AEL	290	1685	124	208940
9	RT6DI	250	1430	142	203060
10	R2XM	239	1370	132	180840

SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 28 МГц

1	YT8A	4	20	5	100
2	YT1BD	2	10	3	30

SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 21 МГц

1	RA0WHE	38	365	24	8760
2	UA1AOS	48	280	26	7280
3	UF5A	38	240	28	6720
4	RA0FLP	28	245	21	5145
5	YC4SIZ	26	250	19	4750
6	EU8U	30	200	20	4000
7	YC0NAN	18	170	16	2720
8	UC4I	23	155	16	2480
9	RW6AVK	19	130	17	2210
10	PU1JSV	16	160	10	1600

SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 14 МГц

1	HG5D	247	1605	77	123585
2	UA6CE	206	1250	75	93750
3	RC5Z	201	1205	63	75915
4	IT9VCE	167	985	60	59100
5	PD2PKM	121	745	56	41720
6	RZ9UF	80	695	48	33360
7	RA6LIS	120	695	48	33360
8	RA9DZ	62	600	35	21000
9	LC9S	81	465	41	19065
10	R3KCW	76	440	41	18040

SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 7 МГц

1	RU8W	113	1065	60	63900
2	RK9AY	109	1030	60	61800
3	UA8J	92	850	54	45900
4	R7RBE	91	510	51	26010
5	RX3Z	90	505	51	25755
6	UA6HLN	74	425	46	19550
7	OD5ZF	49	450	33	14850
8	RA3UAG	48	270	32	8640
9	RV3ZN	30	180	23	4140
10	PD1NL	28	155	23	3565

SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 3,5 МГц

1	UI4F	47	245	28	6860
2	I3PXN	39	200	25	5000

MULTI OPERATOR MULTI BAND

1	RA3Y	405	2365	178	420970
2	C37URA	336	2080	136	282880

Активная роль Крымского радиоклуба в исследованиях космоса

Леонид ПУЗАНКОВ (R7KA), г. Симферополь, Крым

В октябре 2022 г. исполнилось 65 лет со дня запуска Первого искусственного спутника Земли (ИСЗ). В 1957 г. ещё мало кто мог предполагать, что начало космической эры откроет новые просторы для радиолюбительского творчества. Буквально с первых минут запуска спутника радиолюбители оказались причастными к этому эпохальному событию и в дальнейшем освоили космические технологии [1].

1957 г. в мире был объявлен Международным геофизическим годом, в программу которого входили и запуски ИСЗ. Стало известно, что такие ИСЗ будут запущены в Советском Союзе и Соединённых Штатах Америки. Радионаблюдения за сигналами этих спутников позволят получить новые данные о строении ионосферы, уточнить размер, форму и положение орбиты спутника, а также получить сведения о процессах, происходящих на спутнике во время полёта. Наряду с профессиональными радиослужбами в радионаблюдениях за спутником должны были участвовать и радиолюбители. Благодаря тому, что радиолюбительские наблюдения будут носить массовый характер, они могут обеспечить весьма важные данные о полёте спутника и состоянии ионосферы.

Дату запуска спутника держали в тайне, а рабочие частоты бортового передатчика советского ИСЗ — 40,002 МГц и 20,005 МГц — были объявлены заранее. Передатчик на спутнике США должен работать на частоте 108 МГц. Представлялось совершенно очевидным, что требовалось как можно больше пунктов наблюдения. И тогда решили привлечь к эксперименту по приёму сигналов со спутника радиолюбителей. С июня 1957 г. в журнале "Радио" началась публикация ряда статей по организации работы по радионаблюдениям за передатчиками ИСЗ [2, 3].

Первый в мире искусственный спутник Земли, советский космический аппарат "Спутник-1", был запущен на орбиту 4 октября 1957 г. Кодовое обозначение спутника — ПС-1 (простейший спутник-1). Запуск был осуществлён с 5-го научно-исследовательского полигона Министерства обороны СССР "Тюра-Там", получившего впоследствии открытое наименование космодром "Байконур", на ракете-носителе, созданной на базе межконтинентальной баллистической ракеты "Р-7".

4 октября, в пятницу, в 22:28:34 по московскому времени (19:28:34 по Гринвичу) был совершён успешный запуск. Масса первого ИСЗ — 83,6 кг. Через 295 с после старта ПС-1 и центральный блок (II ступень) ракеты массой 7,5 т были выведены на эллиптическую орбиту высотой в апогее 947 км, в перигее — 288 км. При этом апогей находился в южном, а перигей — в северном небесном полушарии. Через 314,5 с после старта произошли сброс защитного конуса и отделение спутника от II ступени ракеты-носителя, и он подал свой голос. Бип! Бип! Бип! — так звучали его позывные. На полигоне их принимали 2 мин, потом "Спутник-1" ушёл за горизонт. Люди на космодроме выбежали на улицу, кричали "Ура!", качали конструкторов и военных. И ещё на первом витке прозвучало сообщение ТАСС: "В результате большой напряжённой работы научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро создан первый в мире искусственный спутник Земли".



Фото 1



Фото 2

Над созданием искусственного спутника Земли во главе с основоположником практической космонавтики С. П. Королёвым работали учёные М. В. Келдыш, М. К. Тихонравов, М. С. Рязанский, О. Г. Ивановский, Н. С. Лидоренко, Г. Ю. Максимов, В. И. Лаппо, К. И. Грингауз, Б. С. Чекунов, А. В. Бухтияров и многие другие.

Дата запуска "Спутника-1" является началом космической эры человечества, а в России ежегодно отмечается как День космических войск России.

Эра космических войск и летопись космонавтики связаны с созданием командно-измерительного комплекса управления космическими аппаратами (ГИЦИУ КС им. Г. С. Титова) и строительством полигона в г. Мирном (Архангельская обл.) для пусков межконтинентальных баллистических ракет. Успешный запуск первого искусственного спутника подтолкнул военных на исследование и использование космоса в оборонительных целях [4].

Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР Институту радиотехники и электроники поручили поддерживать связь с радиоклубами ДОСААФ. Были выделены необходимые средства на оснащение аппаратурой 28 радиоклубов, расположенных в городах СССР примерно на одной параллели, от Прибалтики до Чукотки, где были созданы приёмные пункты. В Симферополе приёмный пункт был создан на базе коллективной радиостанции радиоклуба ДОСААФ UB5KKA. Для полноценной работы приёмного пункта наш радиоклуб получил из Москвы новейший катушечный профессиональный магнитофон МАГ-8. Приём сигналов со спутника на частоте 20 МГц планировалось вести на радиоприёмнике КВМ.

С запуском первого ИСЗ на приёмном пункте клуба было сразу организовано круглосуточное дежурство опытных радиооператоров. Среди них были

Олег Дрига (UB5TK), Юрий Вахлин (UB5-16751), Анатолий Кириченко (UB5SM), Леонид Пузанков (UB5-16756), Александра Свинарева и другие. На **фото 1** — Леонид Пузанков и Анатолий Кириченко (стоит). Радионаблюдение на частоте 40 МГц на своей УКВ-радиостанции RB5AGO стал осуществлять главный инженер Крымского радиоцентра Мартынчук Николай Александрович (**фото 2**) — ветеран Великой Отечественной войны, лейтенант в запасе, был связистом, участвовал в освобождении Австрии.

Полный оборот вокруг Земли спутник совершал за 1 ч 36 мин. Сигналы, излучаемые радиопередатчиками спутника на каждой из частот, имели вид телеграфных посылок. Посылка сигнала одной частоты производилась во время паузы сигнала другой частоты. В среднем длительность сигналов на каждой из частот составляла около 0,3 с. Эти сигналы использовались для наблюдения за орбитой спутника, а также для решения ряда научных задач. По изменению тональности принимаемых на Земле радиосигналов, так называемому эффекту Доплера (изменение частоты при взаимном сближении и удалении объектов радионаблюдения на Земле и ИСЗ), можно было судить о параметрах орбиты спутника. Результаты радионаблюдений и магнитные записи сигналов спутника направлялись в Москву по адресу: "Москва-Спутник". В местной печати появились статьи об участии крымских радиолюбителей в важном научном государственном деле [5]. Через двадцать дней после запуска сигналы первого ИСЗ умолкли — истощились батареи его передатчика.

В соответствии с программой Международного геофизического года по научным исследованиям верхних слоёв атмосферы, а также изучению физических процессов и условий жизни в космическом пространстве 3 ноября 1957 г. в Советском Союзе произведён запуск второго ИСЗ. Общая масса различной измерительной аппаратуры, контейнера с подопытным животным (собака Лайка) и источниками электропитания составила 508,3 кг. Максимальное удаление спутника от поверхности Земли превышало 1500 км, время одного полного оборота спутника составило около 1 ч 42 мин. Сигналы передатчика второго спутника на частоте 20,005 МГц имели вид телеграфных посылок длительностью около 0,3 с с паузой такой же длительности. Радиопередатчик на частоте 40,002 МГц работал в режиме непрерывного излучения [6]. Крымские радиолюбители продолжили работу по приёму радиосигналов второго ИСЗ. По-прежнему было очень интересно выявлять начало появления радиосигналов со спутника и записывать их на магнитофон до полного пропадания сигналов в эфире. Очень важно было зафиксировать точное время появления и исчезновения этих сигналов, что отмечалось в аппаратном журнале. К этому периоду в разных точках Советского Союза было задействовано несколько радиопередатчиков, которые передавали сигналы точного времени (СТВ) на эталонных частотах 5000 кГц, 10000 кГц и 15000 кГц. Это было большим подспорьем для радиолюбителей нашей страны, которые занимались конструированием и настройкой приёмной аппаратуры. Как и прежде, данные радионаблюдения крымских радиолюбителей (магнитные записи сигналов и выписки из аппаратных журналов) оперативно направлялись в Москву в центр обработки информации. По итогам проведённого мероприятия ряд крымских радиолюбителей был поощрён.

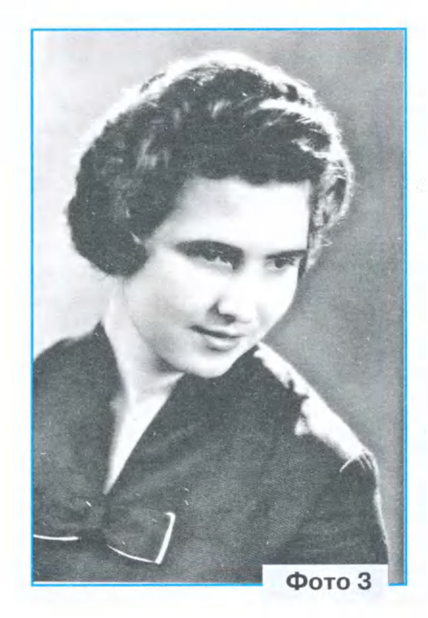


Фото 3

Говоря о рождении эры космических войск с запуском первого ИСЗ, следует назвать ещё одного члена крымского радиоклуба — Киянову Лидию Петровну (**фото 3**). Сразу после окончания средней школы в 1955 г. она поступила на дневные многомесячные курсы радистов-операторов при Крымском областном радиоклубе ДОСААФ. Замечу, что на курсах, кроме кода Морзе, изучали основы радиотехники, станционно-эксплуатационную подготовку, правила радиообмена, наставления по радиосвязи и Уставы ВС МО СССР. В группе курсантов Киянова Л. П. была назначена старшиной отделения. Правила радиообмена будущие радисты отрабатывали на радиостанциях Р-13 (**фото 4**). В январе 1956 г. состоялся выпуск радистов. На экзаменах Лидия показала блестящие результаты: приём и передача на ключе радиограмм была более 100 знаков в минуту!

После окончания курсов радистов-операторов Лидия Киянова собиралась поступать на военную службу в военно-морские силы или радистом на китобойную флотилию "Слава", но по состоянию здоровья, к сожалению, не прошла. Поступила на работу в Симферопольскую телефонно-телеграфную контору, где проводила телеграфные радиосвязи с узлами связи Крыма. Поступила на заочное отделение вуза. Позднее заканчивала дневное отделение Ленинградского политехнического института в 1966 г. по специальности вычислительной и оргтехники. После переезда с семьёй в Московскую область поступила на работу инженером (позднее старшим инженером) в войсковую часть, где в течение десяти лет занималась разработкой программ по линии космических исследований. Все её программы отличались лаконичностью алгоритмов, безупречной чёткостью и надёжностью бесперебойной работы.

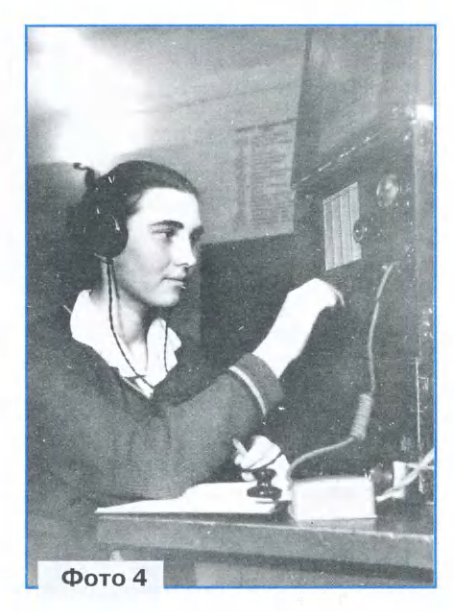


Фото 4

В 1977 г. Лидия Киянова перешла на работу в Центральный вычислительный центр ГШ МО СССР. С 1984 г. Киянова трудилась программистом в Научно-исследовательском институте дальней радиосвязи (ЦНПО "Вымпел"). Для решения задач по созданию программного обеспечения систем связи, в том числе загоризонтной радиолокационной станции, ей приходилось очень часто выезжать в командировки на Дальний Восток.

В настоящее время Лидия Киянова находится на пенсии и живёт в Москве.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Пузанков Л.** История радиолюбительского движения и радиоспорта в Крыму. — Изд-во Форма, Симферополь, 2010, 200 с.

2. **Вахнин В.** Искусственные спутники Земли (справка для радиолюбителей-наблюдателей). — Радио, 1957, № 6, с. 14—17.

3. **Казанцев А.** Наблюдения за радиосигналами с ИСЗ и их научное значение. — Радио, 1957, № 6, с. 17—19.

4. Клуб "Пятый океан" — дни активности, посвящённые 65-летию первого искусственного спутника Земли 1—4 октября 2022 г. — URL: **https://www.qrz.ru/news/17104.html** (06.10.22).

5. Подвиг советской науки — гордость всего человечества. — Крымская правда, 12 октября 1957 г., № 202 (10378), г. Симферополь.

6. Эфир прослушивают Крымские коротковолновики. — Крымская Правда, 5 ноября 1957 г., № 219 (10395), г. Симферополь.

Сумматоры—делители мощности для антенн

Владимир ПРИХОДЬКО (EW8AU), г. Гомель, Беларусь

Для эффективной работы в эфире радиолюбители применяют направленные антенны с большим коэффициентом усиления. Чтобы проводить дальние связи, одной антенны бывает недостаточно, требуются антенные решётки из нескольких однотипных антенн. В связи с этим встаёт вопрос о сумматоре—делителе сигнала и по какой схеме его лучше сделать. Рассмотрим для примера стек из двух антенн, каждая из которых имеет входное сопротивление 50 Ом. Существует несколько основных вариантов конструкции и принципа действия сумматоров—делителей, выполняющих ещё и функцию согласования передатчика (и приёмника) с антеннами [1]. Один из самых распространённых вариантов — применение четвертьволнового трансформатора, который изготавливают из коаксиального кабеля (**рис. 1**). Физическую длину кабеля выбирают исходя из коэффициента укорочения **а**, который зависит от его конструкции.

При параллельном включении двух антенн импедансом по 50 Ом результирующий импеданс будет 25 Ом. Для их согласования потребуется четвертьволновый трансформатор с волновым сопротивлением Z_0 = 35,3 Ом. Кабеля с таким сопротивлением не существует, поэтому можно использовать два отрезка коаксиального кабеля по 75 Ом, которые включены параллельно и в результате дают сопротивление 37,5 Ом (**рис. 2**). Так как сопротивление трансформатора более 35,3 Ом, КСВ при таком сложении будет больше единицы, в лучшем случае КСВ = 1,12. При этом если мы посмотрим на КСВ со стороны каждой антенны, то оно также не будет равно единице, а это говорит о дополнительных потерях. Ещё хуже то, что при таком соединении двух антенн в стек присутствует непосредственная связь между ними, т. е. отсутствует развязка. Кроме того, между антеннами присутствует связь через электромагнитное поле, поэтому антенны немного расстраивают друг друга, ещё больше ухудшая КСВ и другие параметры. Это хорошо показывает программа MMANA, поэтому требуется оптимизация двух антенн с небольшой корректировкой их размеров.

Схема ещё одного варианта аналогичного сумматора—делителя питания двух антенн показана на **рис. 3**, но ей присущи те же недостатки.

Схема сумматора—делителя Уилкинсона показана на **рис. 4**. Он обеспечивает между антеннами развязку по сигналу не менее 14 дБ, что значительно улучшает характеристику стека, но для этого требуется кабель с волновым сопротивлением 70,7 Ом. Стандартного кабеля с таким волновым сопротивлением нет, поэтому радиолюбители иногда изготавливают такие линии самостоятельно, например, коаксиал на основе алюминиевых трубок, или изменяя толщину внутренней изоляции коаксиального кабеля. Пример способа изменения волнового сопротивления коаксиального кабеля иллюстрирует **рис. 5**.

Однако такой вариант изменения волнового сопротивления, во-первых, пригоден для реализации только для УКВ-диапазона, где отрезки кабеля относительно небольшие, во-вторых, он трудоёмок и желаемый результат получить не просто. На **рис. 6** показана схема, а на **рис. 7** — конструкция сумматора—делителя Уилкинсона на основе кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом. Для уменьшения КСВ здесь добавлены подстроечные конденсаторы С1—С3. Эти конденсаторы должны выдерживать мощность сигнала, проходящего через такое устройство.

В диапазоне коротких волн описанные выше делители—сумматоры предполагают большой расход коаксиального кабеля, поэтому предпочтительна их

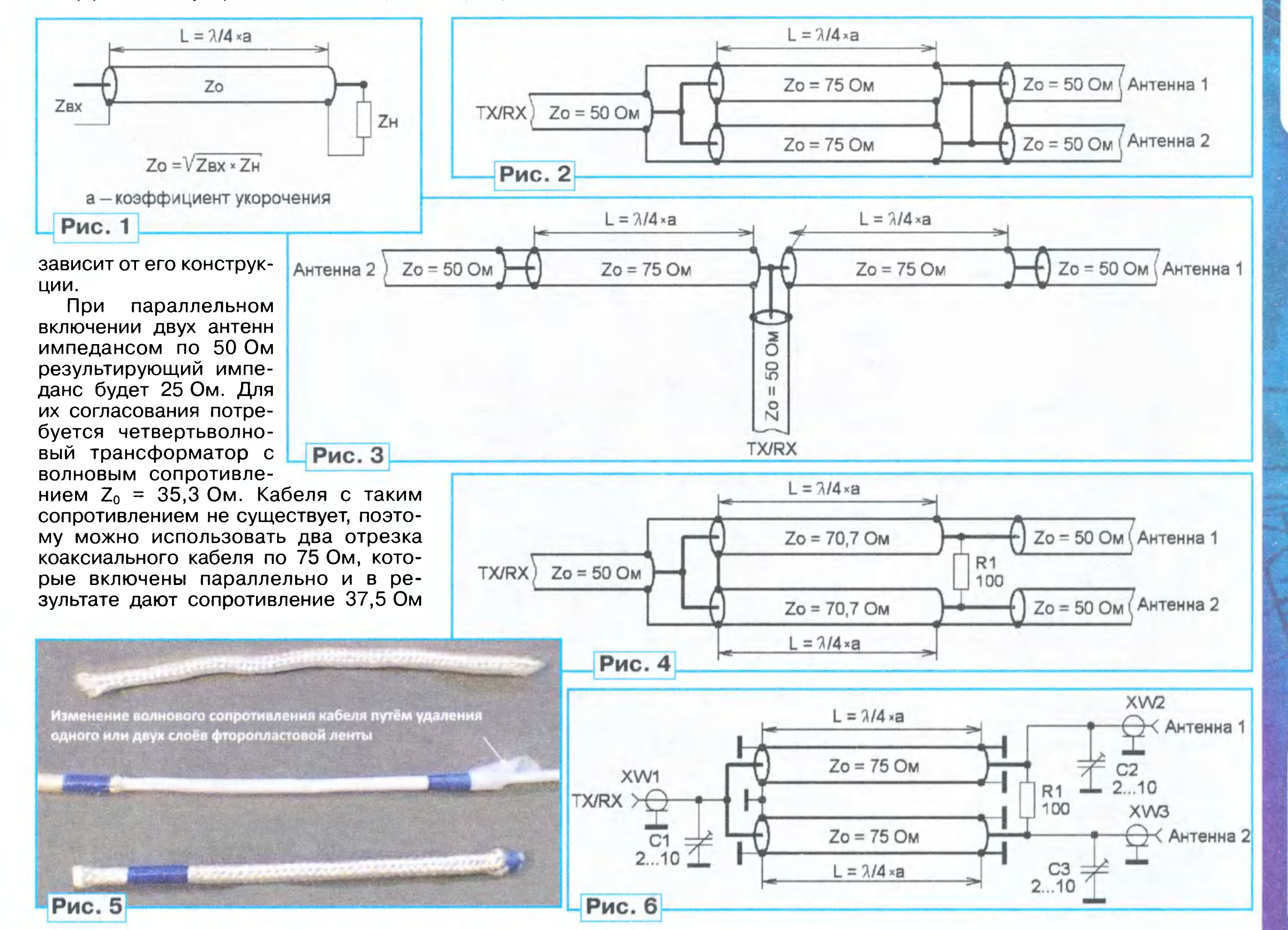


Рис. 1

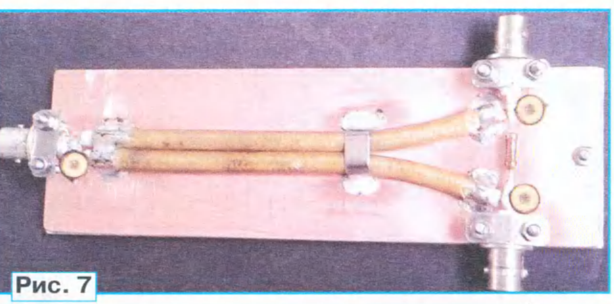
Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

Рис. 6


Рис. 7

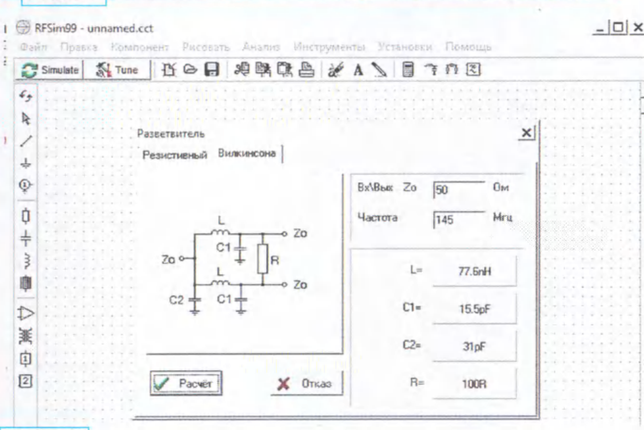


Рис. 8

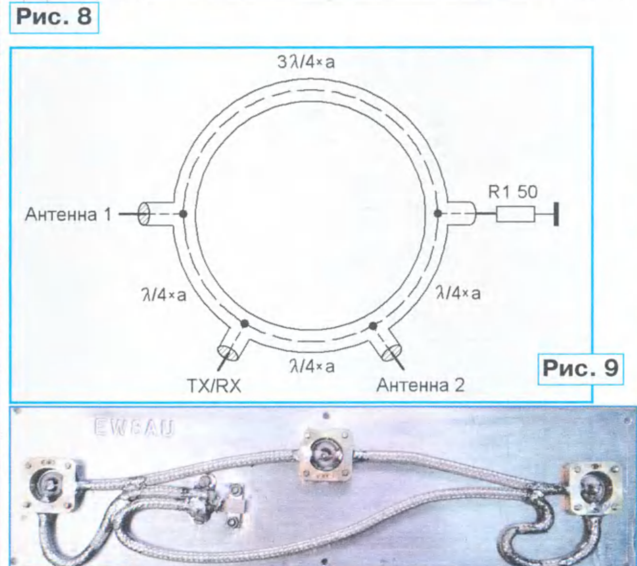


Рис. 9

Рис. 10

реализация на основе LC-элементов. Такой делитель—сумматор можно рассчитать с помощью различных программ, одна из них — RFSim99. Пример расчёта на частоту 145 МГц показан на **рис. 8**.

Лучший вариант делителя—сумматора получается при применении гибридного кольца (**рис. 9**) [2]. Для УКВ-диапазона его можно изготовить из коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом и малыми потерями (**рис. 10**). Но аналогичный по параметрам делитель—сумматор можно изготовить на LC-элементах. Для его расчёта можно воспользоваться той же программой. На **рис. 11** показана схема гибридного кольца для диапазона 14 МГц, а на **рис. 12** — его конструкция.

Гибридное кольцо интересно ещё тем, что с его помощью можно не только делить и суммировать сигналы, но и проводить другие действия. Например, возможны одновременная работа приёмника и передатчика на общую антенну, измерение сопротивлений антенн или других устройств, реализация делителей—сумматоров для синфазного или противофазного питания антенн.

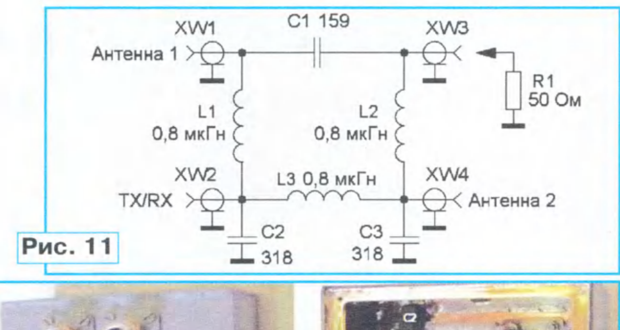
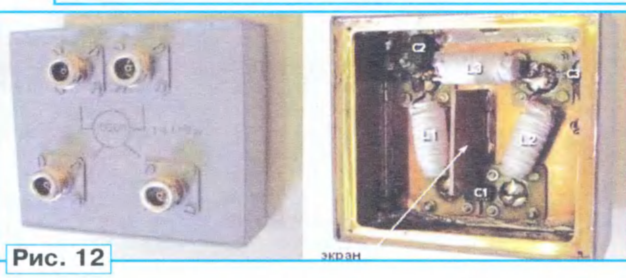


Рис. 11


Рис. 12

Делители—сумматоры на LC-элементах, в отличие от устройств на отрезках кабеля, имеют возможность налаживания требуемых параметров. Опыт и макетирование таких устройств позволили сделать вывод, что их относительно нетрудно реализовать в домашних условиях до частоты 500 МГц с очень малыми значениями КСВ от 1,006 до 1,01.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Сазонов Д. М.** Антенны и устройства СВЧ. — М.: Высшая школа, 1988.

2. **Приходько В.** Улучшение основных характеристик антенн с активным рефлектором. — URL: **https://www.qrz.ru/schemes/contribute/antenns/ew8au/improve.shtml** (25.09.22).

Частотомер на Arduino Uno

А. БУЛДАКОВ, г. Дзержинск Нижегородской обл.

В настоящее время широкое распространение получили готовые модули на основе AVR-микроконтроллеров. Это позволяет заменить одним микроконтроллером устройство, которое содержит большое число логических микросхем. При этом упрощается схема устройства, а большинство параметров можно при желании изменить программным способом. Одним из таких устройств является частотомер.

Для начала рассмотрим самые распространённые методы измерения частоты электронносчётным частотомером, их достоинства и недостатки.

Метод прямого счёта. Является самым простым методом, он заключается в подсчёте числа импульсов входного сигнала за известный интервал времени. Если этот интервал равен 1 с, подсчитанное число импульсов будет равно частоте входного сигнала в герцах. Полученный результат выводится на индикатор. Благодаря этой особенности частотомеры прямого счёта без труда могут быть построены на простой логике. Но с уменьшением частоты входного сигнала разрешение у частотомеров прямого счёта падает. При интервале измерения 1 с и входной частоте, равной 1000 Гц, относительная погрешность измерения может достигать ±0,1 %, что довольно плохо. Ещё хуже обстоит дело с измерением более низких частот.

Метод измерения периода. Этот метод позволяет исправить ситуацию при измерении низких частот. При этом в качестве интервала измерения используется один период входного сигнала, и в течение этого времени производится счёт импульсов образцовой частоты. При этом в частотомерах на жёсткой логике обычно индицируется длительность периода в единицах времени. Измерительный интервал для этого метода не является постоянным, он равен длительности периода измеряемого сигнала.

В некоторых частотомерах реализован как метод прямого счёта, так и метод измерения периода. Для низких частот имеет преимущество метод измерения периода, а для высоких частот — метод прямого счёта.

Метод обратного счёта. Этот метод [1] позволяет объединить достоинства двух предыдущих методов измерения частоты. При этом методе относительная погрешность измерения не зависит от значения входной частоты. Упрощённая блок-схема такого частотомера приведена на **рис. 1**.

Рис. 1

Кварцевый генератор G1 формирует образцовую частоту F_{ref}, которая используется для получения желаемого интервала измерения T_c с помощью делителя частоты U1. Этот интервал разрешает формирование измерительного интервала T, который начинается и заканчивается синхронно с началом периода входного сигнала. В течение этого интервала с помощью двух счётчиков DD4 и DD5 производится подсчёт числа входных импульсов N и числа импульсов образцовой частоты M. Значение частоты входного сигнала вычисляет микроконтроллер DD6 по формуле $F_{in} = F_{ref} \cdot N/M$. Полученная информация выводится на цифровой индикатор HG1. При этом у частотомера обратного счёта при частоте образцового генератора F_{ref} = 1 МГц в тех же условиях получится N = 1000, M = 1000000. При этом результат будет 1000,000 Гц. Относительная погрешность обычно составляет ±0,0001 %, что на три порядка лучше точности частотомера методом прямого счёта. Причём относительная погрешность не меняется при изменении частоты входного сигнала. Для её уменьшения необходимо увеличить тактовую частоту F_{ref} образцового генератора G1.

При этом, если не предъявлять высокие требования к максимальной входной частоте и относительной погрешности измерения частоты, можно всю схему частотомера обратного счёта реализовать на микроконтроллере, подойдёт, например, модуль Arduino Uno. При этом минимальная измеряемая частота составит 0,5 Гц, а максимальная — 250 кГц с автоматическим выбором предела измерения и временем измерения 1 с. Также возможно задание любого времени измерения частоты в интервале от 1 мс. Погрешность измерения такого частотомера составляет четыре такта образцовой частоты на измерительном интервале и определяется реализацией вызова прерывания по входу INT0. Это число тактов может меняться случайным образом. При изменении длительности измерительного интервала эта погрешность не меняется. К этой погрешности, конечно, добавляется отклонение частоты образцового генератора.

Схема частотомера на модуле Arduino Uno приведена на **рис. 2**. Счётчик образцовой частоты реализован на таймере, а счётчик импульсов входной частоты — программно, в обработчике прерывания. Входной сигнал с уровнем ТТЛ подают на вход D2 микроконтроллера (вход прерывания INT0 по захвату фронта импульса). Результат выводится на ЖКИ.

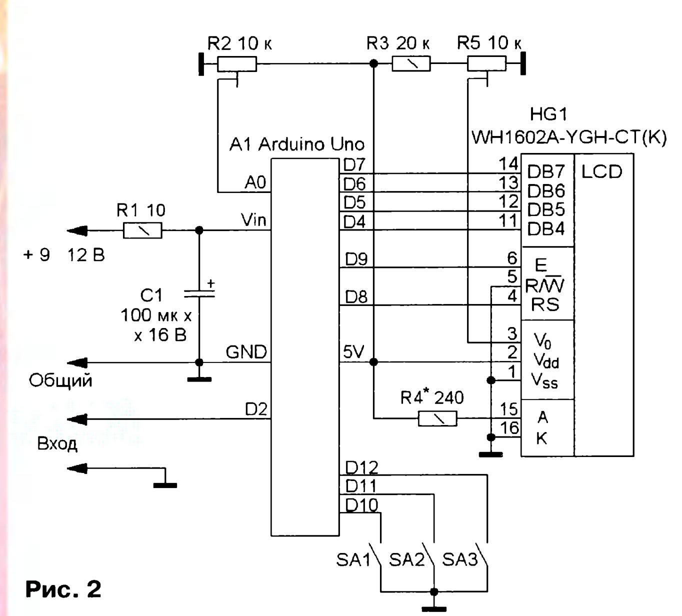


Рис. 2

Модуль Arduino Uno A1 питается постоянным напряжением в интервале 9...12 В от внешнего блока питания, которое через фильтр R1C1 поступает на вывод V_{in} модуля A1. Ток потребления — около 25 мА. Напряжение +5 В, снимаемое с выхода встроенного стабилизатора напряжения, используется для питания ЖКИ. Резистор R5 служит для регулировки контрастности индикатора, а резистор R4 задаёт яркость его подсветки.

Поскольку кварцевый резонатор на частоту 16 МГц уже установлен в модуле A1 и не содержит цепей для подстройки частоты, то в частотомере будет реализована грубая и точная корректировка частоты. Грубая корректировка частоты реализована путём изменения положения переключателей SA1—SA3, которые подключены к входам D10—D12 модуля A1. В зависимости от положения этих переключателей, при включении питания частотомера производится соответствующая корректировка значения переменной **R_korr**, которая изменяет значение переменной **Fref**. Точная корректировка частоты осуществляется подстроечным резистором R2 и не требует программирования, она возможна во время работы частотомера.

Рассмотрим кратко структуру программной части частотомера. В строках 1 и 2 происходит настройка работы микроконтроллера с ЖКИ на контроллере HD44780.

В строках 4—13 заданы минимальное время измерительного интервала **T** (в миллисекундах), частота кварцевого генератора **Fref**, максимальная корректировка частоты кварца **F_korr** (в герцах) при изменении положения резистора R2 и переменные для работы программы.

В строках 16—36 задана размерность индикатора. Задана работа АЦП от образцового напряжения +5 В. Включён подтягивающий резистор по входу измерения входной частоты. Считывается положение переключателей SA1—SA3. Вычисляется значение переменной **R_korr** и выводится её значение на экран ЖКИ. Настраивается прерывание **int 0** по фронту импульса. Отключается **Таймер 0**, и настраивается **Таймер 1** на формирование прерывания каждые 16000 тактов генератора образцовой частоты.

В строках 38—44 считается число прерываний, поступивших на вход измерения частоты.

В строках 46—50 обработчиком прерываний от таймера по совпадению подсчитывается число переполнений **Таймера 1** и определяется окончание интервала измерения.

В строке 55 формируется условие окончания времени измерительного интервала при отсутствии входной частоты.

В строках 59—62 запрещаются прерывания и определяется положение движка резистора R2 для точной корректировки частоты кварцевого генератора.

В строках 64—67 определяется число входных импульсов, скорректированное число импульсов образцовой частоты и вычисляется значение частоты входного сигнала.

В строках 69—76 выводится значение переменных **N, M, Fin** на экран.

В строках 78—79 запускается прерывание и обнуляются значения переменных.

Этот частотомер имеет два цикла работы — измерения и индикации, которые следуют друг за другом.

Измерение начинается после появления переменных **Gate=1** и **start_gate=1**. С приходом фронта входного импульса обнуляются значения регистра счёта и число прерываний **Таймера 1**, при этом переменные принимают значения **TCNT1=0**, **ovf_tik_timer=0**. Обнуляются переменные числа импульсов входной частоты **tik_int=0**, **ovf_int=0** и присваивается значение переменной **start_gate=0**.

По прерыванию по **Таймеру 1** каждую 1 мс считается число переполнений таймера переменной **ovf_tik_timer** до тех пор, пока это значение не превысит значения переменной **interval_izm**. При этом значение переменной **tik_int** с каждым фронтом входного импульса увеличивается на единицу. При поступлении на вход 255 импульсов переменная **tik_int** сбрасывается в ноль и значение переменной **ovf_int** увеличивается на единицу. Это необходимо для увеличения максимальной частоты измеряемого сигнала, поскольку максимальная измеряемая частота определяется способностью микроконтроллера обработать каждое прерывание импульса. Если фронт нового импульса придёт во время выполнения предыдущего прерывания, этот импульс не будет посчитан. Поскольку нельзя уменьшить время выполнения вызова по прерыванию, есть только одна возможность повысить быстродействие — это сократить время самого прерывания. Поэтому используется тип переменной **byte** вместо **long** для переменной **tik_int**, время выполнения которой составляет один такт вместо четырёх.

Как только значение переменной **ovf_tik_timer** превысит значение переменной **interval_izm**, это будет означать окончание времени измерения входной частоты. При этом переменная принимает значение **stop_gate=1**. После этого по приходу фронта следующего входного импульса интервал измерения закончится. При этом запоминаются значения переменной регистра таймера TCNT1, число переполнений таймера **ovf_tik_timer**, число импульсов входной частоты **tik_int**, число переполнений **ovf_int** и формируется переменная **Gate=0**.

Если за удвоенное время измерительного интервала не было ни одного полного импульса входной частоты, то это означает, что входная частота слишком низкая для выбранного интервала измерения или входной сигнал отсутствует. В таком случае принимается переменная **tik_int=0**, считываются значения переменных **TCNT1** и **ovf_tik_timer Таймера 1** и присваиваются переменной **Gate=0**. На этом цикл измерения входной частоты закончен.

Индикация начинается после присвоения переменной **Gate=0**. При этом счёт числа входных импульсов прекращается, запрещаются прерывания по **INT0** и считывается число входных импульсов **N**, число тактов образцовой частоты **M** для интервала измерения и рассчитывается значение измеряемой частоты **Fin**. Эти параметры затем выводятся на индикатор. После этого сбрасываются значения переменных и формируются переменные **Gate=1**, **start_gate=1**, **stop_gate=0**. На этом цикл индикации окончен.

Необходимость чередования измерения и индикации вызвана тем, что при измерении надо исключить вызов всех других прерываний, кроме вызова прерывания по **INT0** и **Таймеру 1**, которые могут привести к увеличению погрешности измерения частоты. При индикации запрещается вызов прерываний **INT0**, поскольку их число не подсчитывается, но вызов прерывания замедляет выполнение программы расчёта частоты и вывода на экран.

Для программирования микроконтроллера была использована среда разработки Arduino IDE версии 1.8.19. Поскольку частотомер содержит немного деталей, его отработка и испытания были проведены на макетной плате (**рис. 3**). При этом питать его можно от USB-разъёма компьютера. Постоянные резисторы — МЛТ, С2-23 или импортные, их допуск может быть ±20 %. SA1—SA3 — три DIP-переключателя DS1040-01RN либо один DS1040-03RN [2]. Резистор R2 — подстроечный многооборотный 3296W, резистор R5 — однооборотный переменный 3323P.

Перед первым включением устройства необходимо проверить качество монтажа и номиналы установленных деталей. Не допускается производить первое включение, используя питание от USB-разъёма компьютера. Далее проверяют потребляемый ток, он не должен превышать 30 мА. Затем подключают модуль Arduino Uno к компьютеру. Предварительно на нём должен быть установлен драйвер COM-порта. Запускают программу Arduino IDE. В основном меню "Инструменты"→ "Порт" выбирают доступный порт с номером, обычно большим, чем COM4. Далее выбирают тип используемого молуля — Arduino Uno. После этого в меню "Инструменты" выбирают пункт "Получить информацию о плате". Если всё прошло успешно, в окне "Информации о плате" будут какие-нибудь цифры в переменных VID и PID. После этого необходимо загрузить программу частотомера. Далее нажимают на кнопку "Проверить", и если нет ошибок, программа выдаст сообщение "Компиляция завершена". После этого нажимают на клавишу "Загрузка". В это время светодиоды RX и TX на модуле Arduino Uno должны мигать в течение нескольких секунд и программа должна выдать сообщение, что загрузка завершена. При этом на экране частотомера должно появиться установленное значение переменной **F_korr** (**рис. 4**), а по прошествии 2 с в верхней строчке индикатора должны появиться два нуля (**рис. 5**). По истечении ещё 2 с частотомер отобразит в верхней строке (слева—направо) число входных импульсов **N**, число импульсов образцовой частоты **M**, которое будет около 32000000 при отсутствии входного сигнала и времени измерения 1000 мс. В нижней строке будет отображено значение нулевой частоты в герцах (**рис. 6**). После этого частотомер готов к работе, результат измерения частоты 250 кГц показан на **рис. 7**. Но, возможно, ещё потребуется программная корректировка частоты образцового генератора.

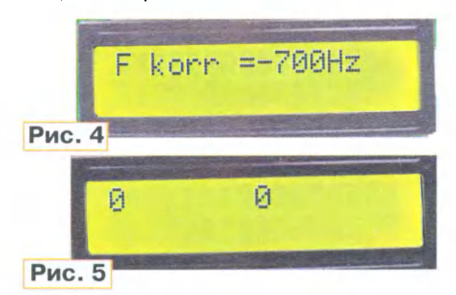


Рис. 4

Рис. 5

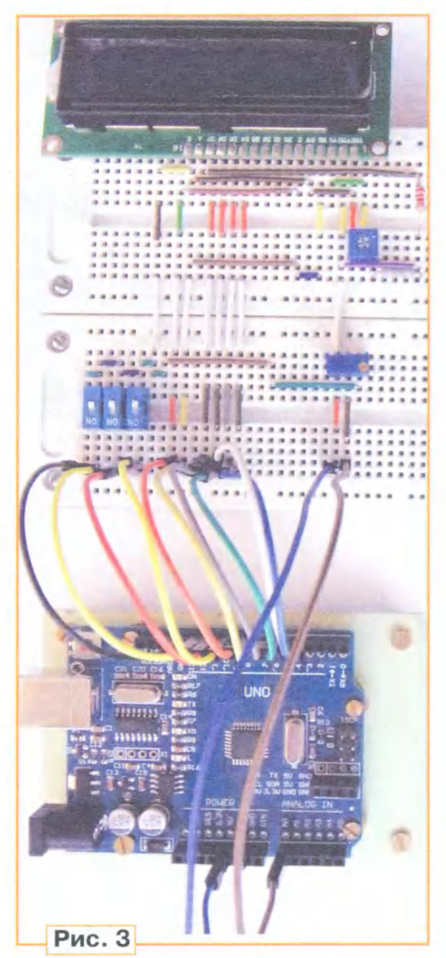


Рис. 3

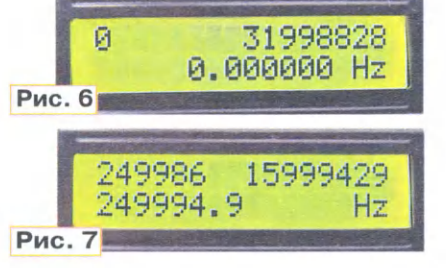


Рис. 6

Рис. 7

Если пользователь захочет изменить параметры частотомера, то он может менять значения переменных в строках программы 4, 5 и 6.

Как уже было написано выше, частотомер имеет грубую и точную корректировку частоты. Если грубая корректировка частоты не нужна, можно не устанавливать переключатели SA1—SA3, при этом в строке 25 программы необходимо обнулить значение переменной **R_korr**.

Рассмотрим теперь методику корректировки частоты задающего генератора. Для этого подают с внешнего образцового генератора частоту 100000 Гц. Движок резистора R2 необходимо установить в среднее положение. Переключатели SA1—SA3 должны быть в разомкнутом состоянии. Подают напряжение питания на частотомер (или нажимают на кнопку сброса на модуле Arduino Uno). На индикаторе должна отображаться частота в диапазоне от 100001 до 100005 Гц. Если частота менее 100001 Гц, необходимо в программе уменьшить значение переменной **Fref** на несколько сотен герц и повторять это до тех пор, пока измеренная частота не будет в диапазоне от 100001 до 100005 Гц. После этого переключатели SA1—SA3 переводят в замкнутое положение и нажимают на кнопку сброса. На индикаторе должна отображаться частота в диапазоне от 99995 до 99999 Гц. Если частота выше 99999 Гц, то необходимо в программе увеличить значение переменной **Fref** на несколько сотен герц. И повторять это до тех пор, пока измеренная частота не будет в диапазоне от 99995 до 99999 Гц. При этом мы грубо настроили значение переменной **Fref** под конкретный кварцевый резонатор. Теперь, меняя положение переключателей SA1—SA3, добиваемся самого близкого индицируемого значения входной частоты к частоте 100000 Гц. Не забываем каждый раз при изменении положения переключателей нажимать на кнопку сброса. На этом грубая корректировка частоты завершена.

Перед точной корректировкой частоты необходимо выдержать генератор и частотомер в рабочем состоянии для прогрева не менее 15 мин. Далее, вращая движок подстроечного резистора R2, добиваемся на индикаторе показаний входной частоты 100000 Гц. На этом корректировку частоты можно считать законченной. Со временем, когда при точной настройке регулировки резистором R2 может не хватать, необходимо будет поменять положение переключателей SA1—SA3 и затем вновь повторить точную корректировку. При этом менять значение переменной **Fref** в программе, вероятнее всего, не потребуется.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интерполирующий частотомер FC-510. — URL: **https://clck.ru/wopGv** (01.09.22).

2. Переключатели движковые модульные серии DS1040. — URL: **https://goo.su/ogoO** (01.09.22).

***От редакции**. На нашем FTP-сервере по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/11/fmetr.zip** находится файл проекта.*

Шар-гирлянда для ёлки-3

Д. МАМИЧЕВ, пос. Шаталово Смоленской обл.

Статья продолжает тему конструирования новогодней игрушки, начатую автором в публикации [1], и рассказывает в основном об аппаратных изменениях конструкции, позволяющих разнообразить создаваемые эффекты иллюминации для ёлки. Внешний вид шара показан на **рис. 1**, а схема с изменениями, которые выделены цветом, — на **рис. 2**. Теперь шар дополнительно может исполнять мелодии и совершать вращательные движения, а управлять им можно с помощью приложения на смартфоне.

Дополнения реализованы в виде двух узлов. Элементы R1 и BA1 образуют акустический, а элементы R2, VT1, M1 и VD1 — механические узлы игрушки. Для управления ими выделены выводы 5 и 4 платы Arduino соответственно. В остальном схема осталась без изменений.

Динамическая головка BA1 (от сотового телефона) расположена (приклеена) на внутренней поверхности крышки шара. В ней предварительно высверлены девять отверстий диаметром 2 мм (**рис. 3**, **рис. 4**). Токоограничивающий резистор R1 запаян в разрыв одного из соединительных проводов головки и изолирован отрезком термоусаживаемой трубки. Элементы второго модуля монтируют на выводах двигателя (**рис. 5**) с таким расчётом, чтобы не выходить за два его габаритных размера (ширина и высота). Модуль электрически соединён с платой Arduino тремя гибкими проводами через отверстие в крышке (см. рис. 1). Шестерня на валу двигателя оставлена для более прочного сцепления с крюком шара. Двигатель извлечён из привода автомобильного CD-проигрывателя.

Дополнительные печатные элементы крепежа представлены на **рис. 6**. Их размеры подобраны сообразно имеющемуся в распоряжении электромотору. Элемент 1 — скоба, она крепит статор мотора и весь шар к крюку 3. Пробка 2 крепит шар в скобе. Размеры подвеса шара можно существенно уменьшить, если использовать электромотор



Рис. 1

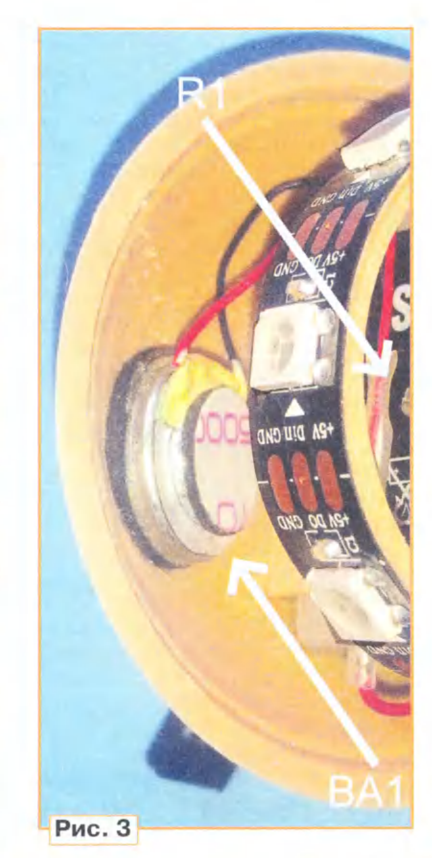


Рис. 3

Рис. 4

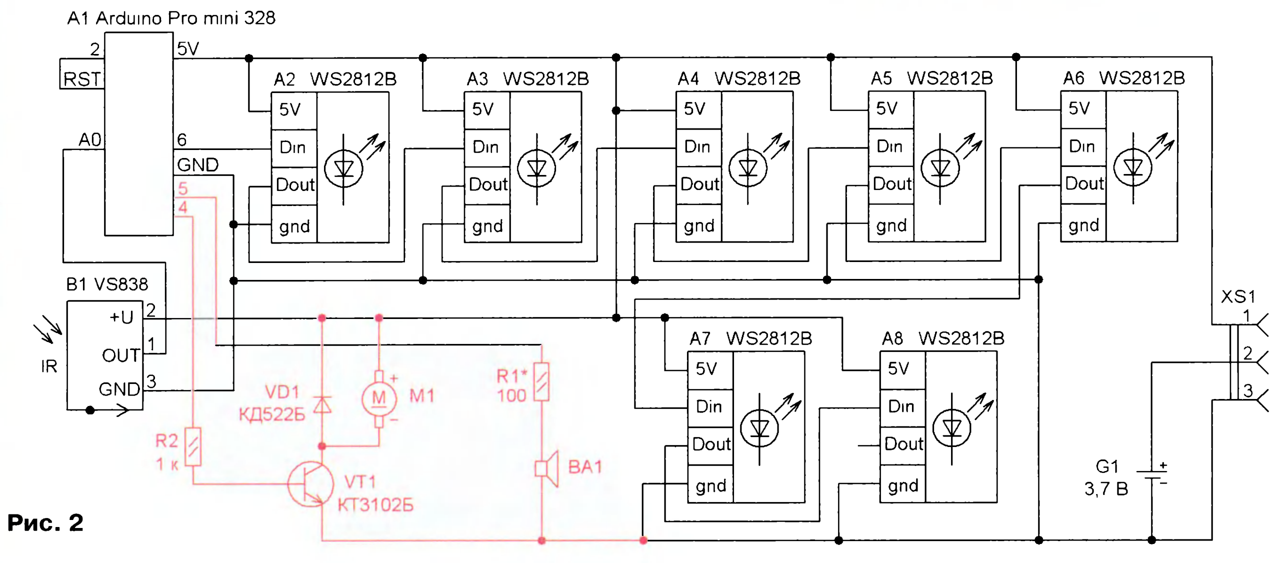


Рис. 2

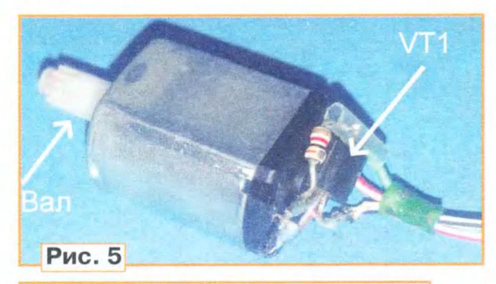


Рис. 5



Рис. 6

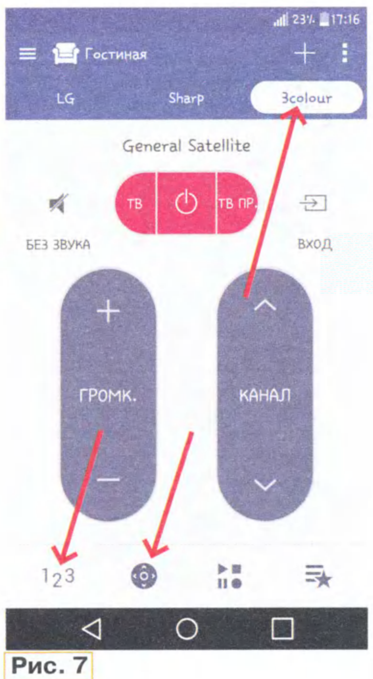


Рис. 7

от сервопривода SG90, а имеющуюся крышку шара надо перепроектировать с учётом крепления корпуса мотора и напечатать заново. При этом не забыв предусмотреть отверстия и крепление для динамической головки.

Скетч новой версии игрушки имеет минимальные изменения, касающиеся добавления массивов данных для двух музыкальных фрагментов и функций их исполнения с использованием дополнительной функции **tone();** из одноимённой встроенной в IDE библиотеки. Однако следует отметить, что эксперименты показали конфликтность библиотеки **IRremote** с вышеуказанной. Для устранения конфликта в файле **boarddefs.h** следует заменить строку **#define IR_USE_TIMER2** на **#define IR_USE_TIMER1** для ATmega328, закомментировав одну и раскомментировав другую соответственно.

Для управления игрушкой, наряду с пультом "Триколор", можно использовать приложение LG Quick Remote (**рис. 7**). Кнопки управления, симуляции кнопок реального пульта указаны стрелками. В новой версии скетча для эффектов шара — это кнопки 1—8 и "OK". В телефоне автора (LG G4) приложение уже имеется в ПО. Варианты приложения также можно найти в [2].

При повторении конструкции, особенно начинающими, желательно начать с первого варианта игрушки [1], постепенно усложняя и переделывая конструкцию с учётом имеющихся ресурсов и результативности.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мамичев Д.** Электронные шары для ёлки. — Радио, 2021, № 12, с. 51—55.

2. LG QuickRemote. — URL: **https://apkcombo.com/ru/lg-quickremote/com.lge.qremote/** (21.11.21).

***От редакции**. На нашем FTP-сервере по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/11/shar3.zip** находятся материалы проекта и видеоролики, иллюстрирующие работу игрушки.*

Викторина "Arduino: программная часть-13"

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

Прогресс не стоит на месте. Применительно к электронным модулям и шилдам платформы Arduino это означает их постоянное техническое совершенствование.

Взять, к примеру, ультразвуковой модуль HC-SR04, который часто является "глазами" самоходных роботов, а также основой построения дальномеров и датчиков присутствия. Параметры модуля определяются программой, зашитой во внутреннем контроллере с масочным ПЗУ. Изменить её нельзя. Однако не все версии прошивок работают устойчиво, поэтому на форумах рекомендуют дорабатывать электрические схемы и вводить принудительный программный сброс.

Другим направлением устранения "багов" является выпуск улучшенных модификаций ультразвуковых модулей, программно совместимых с HC-SR04. Среди них: модули SRF05, HY-SRF05 (стабильные показания с повышенной разрешающей способностью), HC-SR04+ (дополнительные интерфейсы UART, I^2C), JSN-SR04T (выносной пьезодатчик с влагозащитой).

Ультразвуковые модули, как правило, имеют унифицированные габариты, поэтому могут устанавливаться один к одному вместо классических HC-SR04. Пьезоприёмники и пьезоизлучатели от них часто применяют в качестве самостоятельных радиоэлементов в других конструкциях.

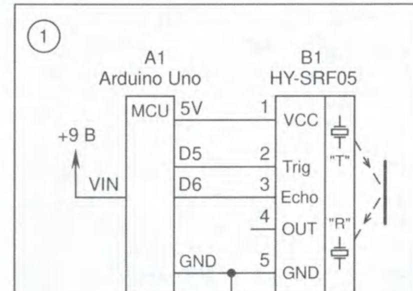
В **таблице** показаны схемы устройств (сверху вниз): стенд статистических исследований для модуля HY-SRF05, датчик направления движения на базе двух модулей SRF05, влагозащищённый эхолот с модулем JSN-SR04T, игра "Ультразвуковой хоккей" с двумя "клюшками" в виде пьезоизлучателей от модулей HC-SR04 и "шайбой" (из кусочка пенопласта).

К каждой схеме справа прилагаются два скетча, на которых проверяется работоспособность. Проекты скомпилированы в среде Arduino 1.8.19. Названия файлов указаны в нижних строках программ. Внешние библиотеки функций доступны по ссылкам: **https://bitbucket.org/teckel12/arduino-new-ping/wiki/Home**, **https://github.com/RobTillaart/Statistic**.

На каждый вопрос викторины следует выбрать ответ 0 или 1, после чего записать их в ряд слева направо в виде двоичного числа. Если после перевода в десятичный вид получится 3692, то все ответы правильные.

***От редакции**. Скетчи программ находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/11/arduino13.zip** на нашем FTP-сервере.*

1



Можно ли вывод OUT модуля B1 соединять с общим проводом GND?
0 - можно, для смены рабочих функций;
1 - не рекомендуется, аварийный режим

2

```
1  // Фильтрация измерений HY-SRF05
2  float b = 0.0; // Результат фильтрации
3  float k = 0.07; // Коэффициент
4  void setup() { Serial.begin(9600);
5    pinMode(5, OUTPUT); } // Выход D5
6  void loop() { digitalWrite(5, HIGH);
7    delayMicroseconds(20); // Импульс
8    digitalWrite(5, LOW);
9    unsigned int a=pulseIn(6, HIGH);
10   b = (float)a*k + b*(1 - k);
11   Serial.println((String)a + "," +
12       (String)(b - 50)); // Смещение
13   delay(100); // Периодичность 0,1 с
14 } // Файл "arduino13_2.ino", 6142 байт
```

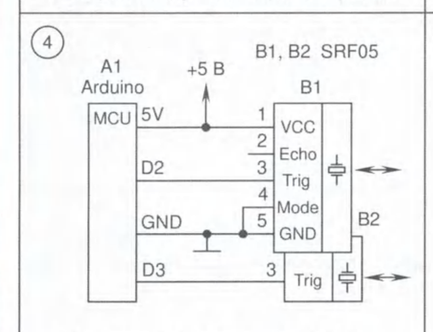
Какой график на экране плоттера будет ниже?
0 - график переменной "a" (без фильтрации);
1 - график переменной "b" (с фильтрацией)

3

```
1  // Среднеквадратическое отклонение
2  #include <Statistic.h> // Библиотека
3  #include <NewPing.h> // Библиотека
4  NewPing one=NewPing(5, 6, 400);
5  Statistic srf; // Объект статистики
6  #define N 10000 // Число замеров
7  void setup() { Serial.begin(9600);
8    srf.clear(); // Инициализация
9    for(long i=0; i<N; i++) { // Массив
10     uint16_t a=one.ping(); // Измерение
11     Serial.println(a); // Импульс [мкс]
12     delay(50); srf.add(a); }
13   Serial.println(srf.unbiased_stdev()); }
14 void loop() { } // "...13_3.ino", 4680 байт
```

Назначение оператора печати в строке 11?
0 - добавление данных измерения в массив;
1 - возможность записи файла на жёсткий диск

4



Можно ли заменить модули SRF05 модулями HC-SR04, не увеличивая числа управляющих линий D2, D3 от Arduino?
0 - да;
1 - нет

5

```
1  // Движение объекта "слева направо"
2  #include <NewPing.h> // Библиотека
3  NewPing one=NewPing(2, 2, 400);
4  NewPing two=NewPing(3, 3, 400);
5  bool c=0; int d=7; // Порог 7 см
6  void setup() { Serial.begin(9600); }
7  void loop() {
8    bool a=one.ping_cm() > d ? 0: 1;
9    bool b=two.ping_cm() > d ? 0: 1;
10   if(!a && !b) c=0; // Исходное
11   if(a && !b && !c) c=1; // Датчик "one"
12   if(!a && b && c) { Serial.println(\
13     "Left to right"); delay(1000); }
14 } // Файл "arduino13_5.ino", 2396 байт
```

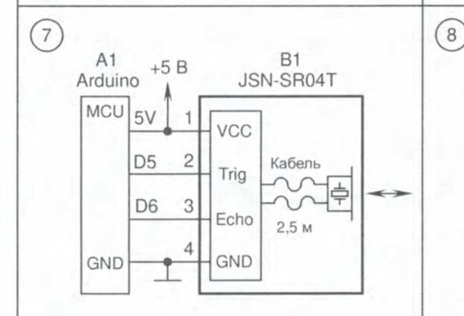
Что делать, если устройство срабатывает при движении объекта "справа налево" (Righ to left)?
0 - поменять местами выводы D2, D3 Arduino;
1 - поменять местами строки 8, 9 скетча

6

```
1  // Равноудалённое местоположение
2  #include <NewPing.h> // Библиотека
3  NewPing one=NewPing(2, 2, 400);
4  NewPing two=NewPing(3, 3, 400);
5  void setup() { // Светодиод Arduino
6    pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
7  }
8  void loop() {
9    int a=one.ping_cm(); // Модуль B1
10   int b=two.ping_cm(); // Модуль B2
11   if(a==b) digitalWrite(LED_BUILTIN,1);
12   else digitalWrite(LED_BUILTIN,0);
13   delay(200); // Пауза 0,2 с
14 } // Файл "arduino13_6.ino", 1580 байт
```

Для чего нужна задержка времени в строке 13?
0 - для снижения ультразвуковых помех между модулями B1, B2;
1 - для лучшей видимости "вспышек" светодиода

7



На какие элементы конструкции распространяется термин "влагозащищённость" в модуле B1?
0 - на плату, кабель, пьезодатчик;
1 - только на кабель и пьезодатчик

8

```
1  // Измерение расстояния в воде
2  void setup() {
3    pinMode(5, OUTPUT); // Выход D5
4    Serial.begin(9600); // 9600 бод
5  }
6  void loop() {
7    digitalWrite(5, HIGH);
8    delayMicroseconds(20); // Импульс
9    digitalWrite(5, LOW);
10   float a = pulseIn(6, HIGH); // Замер
11   float d = (a * 0.1482) / 200;
12   Serial.println(d); // Результат, [м]
13   delay(500); // Пауза 0,5 с
14 } // Файл "arduino13_8.ino", 3816 байт
```

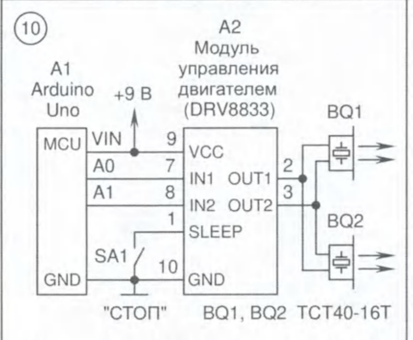
При какой температуре воды показания эхолота будут максимально точными?
0 - при температуре воды летней рыбалки;
1 - при температуре воды зимней рыбалки

9

```
1  // Измерение расстояния в воздухе
2  #include <NewPing.h> // Библиотека
3  #define trigPin 5 // Выход D5
4  #define echoPin 6 // Вход D6
5  #define MAX_DISTANCE 400
6  NewPing sonar = NewPing(trigPin,
7      echoPin, MAX_DISTANCE);
8  void setup() { Serial.begin(9600); }
9  void loop() {
10   delay(500); // Пауза 0,5 с
11   Serial.print("Distance = ");
12   Serial.print(sonar.ping_cm());
13   Serial.println(" cm");
14 } // Файл "arduino13_9.ino", 2464 байт
```

При каком расстоянии до препятствия в строке 12 будет печататься "0"?
0 - от 3 до 4 м;
1 - больше 5 м

10



Какие импульсные сигналы формируются на выходах A0, A1 Arduino Uno?
0 - синфазные;
1 - противофазные

11

```
1  // Генерация ультразвука 40 кГц
2  byte TP = 0b10101010; // Для порта С
3  void setup() { DDRC = 0b11111111;
4    noInterrupts(); // Запрет прерывания
5    TCCR1A=0; TCCR1B=0; TCNT1=0;
6    OCR1A = 200; // Настройки
7    TCCR1B |= (1 << WGM12);
8    TCCR1B |= (1 << CS10);
9    TIMSK1  |= (1 << OCIE1A);
10   interrupts(); } // Разрешение прерыв.
11 ISR(TIMER1_COMPA_vect) // Прерыв.
12 { PORTC = TP; TP = ~TP; } //  Инверс.
13 void loop() {
14 } // Файл "arduino13_11.ino", 574 байт
```

Нужны ли изменения в программе при замене выводов A0, A1 выводами A4, A5 Arduino Uno?
0 - не нужны;
1 - нужны в строках 5—9

12

```
1  // Точная настройка мощности
2  #define T1 28  // Пауза HIGH-LOW
3  #define T2 16  // Пауза LOW-HIGH
4  void setup() {
5    pinMode(A0, OUTPUT);   // Выход
6    pinMode(A1, OUTPUT); } // Выход
7  void loop() { // Импульсы на задержках
8    digitalWrite(A0, HIGH); // HIGH-LOW
9    digitalWrite(A1, LOW);
10   for(char a=T1; a>0; a--) asm("nop");
11   digitalWrite(A0, LOW); // LOW-HIGH
12   digitalWrite(A1, HIGH);
13   for(char b=T2; b>0; b--) asm("nop");
14 } // Файл "arduino13_12.ino", 798 байт
```

Как подбираются числа в строках 2, 3 для получения максимальной мощности ультразвука?
0 - по максимуму тока потребления модуля A2;
1 - по настройке частоты генерации 40 кГц

Вилюйская радиоэкспедиция

Евгений СЛОДКЕВИЧ (UA3AHM/OH5HM), г. Москва

Над предложением поучаствовать в археологической экспедиции и сплавиться по великим якутским рекам Вилюю и Лене я не раздумывал. Полное отсутствие населённых пунктов и сотовой связи — что ещё нужно истинному радиолюбителю! Совместить путешествие и рыбалку с проверкой своих радиотехнологий было очень заманчивым предложением. Чемодан был наполнен несколькими радиостанциями и КВ-шлюзами с антеннами. Эксперимент состоял из проверки надёжности работы устройств по передаче текстовых сообщений на протяжении всего сплава, а это — более 500 км!

Задумка была реализована так. Один шлюз на диапазон 40 м был установлен в черте города Якутска и должен был обеспечить связь на участках нашего водного маршрута от 300 км и более. Второму шлюзу было предписано работать на более коротких дистанциях, поэтому он был настроен на частоту 80-метрового диапазона и установлен в районе села Бердигестях в лесу.

Кроме того, в Якутске в спасотряде МЧС была установлена новая радиостанция "Долина-10" с антенной CW80100. Уровень шума, конечно, был не в пользу надёжности радиосвязи.


Фото 1

Наш сплав начался от посёлка Кысыл-Сыр (**фото 1**), и сразу же на катамаране по его периметру была растянута антенна CW8050 между флагштоками (**фото 2**). Надо сказать, не все мои планы удалось реализовать. Шлюз на 80 м перестал отвечать подтверждением при первых же попытках тестирования. Потом выяснилось, что жара +36 °С отключила питание на управляющем смартфоне, а возвратного режима не было предусмотрено. Мои восхождения на крутой берег Вилюя на кратковременных стоянках также не привели к успеху, а устанавливать антенну среди слепней под палящим солнцем — удовольствие ещё то! Когда стало очевидно, что диапазон 80 м для меня потерян, антенну на катамаране я заменил на более короткую CW40100, и все следующие тесты проводились на 40-метровом диапазоне. Весь день попытки активизировать шлюз в Якутске были безуспешными. Хотя расстояния 300 км и мощности 20 Вт должно было хватить для таких низких скоростей КВ-пейджера. Но я с детства отличался упрямством и упорством, и, о чудо! — в 21:05 по местному времени я услышал чёткое и уверенное подтверждение моего КВ-шлюза! С этого момента пошли сообщения моей жене RX3AOM в Углич и товарищам по чату NVIS.CLUB в Телеграме. Жена сообщила, что всё в порядке и у них активно идёт сенокос. А ребята поздравили с успехами в рыбалке и радиосвязи, рассказали о планирующихся собственных путешествиях.



Фото 2

Члены нашей команды по катамарану, а нас было всего шестеро, проявили интерес к моему новшеству и попросили связаться с Большой землёй. Я не мог им отказать в такой возможности. Они узнали, что бабушка хорошо перенесла операцию и уже переведена из реанимации к себе в палату. Другой член экипажа расплылся в улыбке, узнав из короткого текстового сообщения, что его дочь поступила в университет. Однако не все сообщения бывают радостными. На второй день я получил от жены радиограмму, что моя 90-летняя мама упала и сломала руку, сейчас в больнице. Мой брат хлопочет, но через два дня у него самолёт в экспедицию. Мною было принято решение в такой ситуации прервать сплав при первой же возможности, сойти на берег, где есть автодорога, и вернуться скорее в Якутск, что я и сделал. Отсюда читатель может сделать вывод — нет мест без связи, есть связь, которую ещё не развернули в данной местности.

Диапазон 40 м чётко по часам, с 21:00 до 22:30, обеспечивал радиосвязью нашу экспедицию. Уверен, что при наличии надёжной техники КВ-шлюза можно было бы использовать и другие частоты, перекрыв весь наш маршрут. Что касается диспетчера в МЧС, то я заметил провал в организации связи: диспетчер вызывал меня в то время, когда я не имел возможности выйти на связь, — на борту периодически работал электрогенератор, дающий сильную помеху, поэтому его нужно было выключать на время сеанса связи. Ну, и самое главное, что он меня вызывал на 80 м в то время, когда я был уже только на 40-метровом диапазоне.

В заключение хотелось бы призвать всех читателей нашей необъятной поднимать больше резонансных бесед с местной администрацией и спасательными службами о возможностях применения КВ-радиосвязи. Снимите розовые очки — коммерческая связь никогда не придёт во все места наших российских просторов.



ЗАЩИТИ СОЗДАННОЕ

Поддерживаемые ОС









Dr.Web Security Space

защитит ваш цифровой МИР



Защита от хищений средств

От банковских троянцев, клавиатурных шпионов, хакерских атак во время сессии онлайн-банкинга



Защита от мошенников

От фишинговых и мошеннических сайтов, сайтов с вредоносным ПО



Защита от уязвимостей программ

От эксплойтов, используемых киберпреступниками для проникновений через ошибки в популярных приложениях



Защита данных и информации

От удаления, порчи, шифрования и похищения



Защита от захвата устройства и слежки

Блокировка камеры, микрофона, съемных устройств



Защита детей

Родительский контроль

- ✓ **Dr.Web — в едином реестре отечественного ПО**
- ✓ **Круглосуточная техническая поддержка**
- ✓ **Бонус для покупателей — защита для Android**

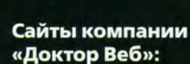
Техподдержка компании «Доктор Веб»:

https://support.drweb.ru

Сайты компании «Доктор Веб» в социальных сетях:

https://www.drweb.ru/user/social



Сайты компании «Доктор Веб»:

https://антивирус.рф

https://drweb.ru





125040, Россия, Москва, 3-я улица Ямского поля, вл. 2, корп. 12а
Тел.: +7 495 789-45-87 (многоканальный),
факс: +7 495 789-45-97